

Marzo 2022

WP4-2022-002

N° de serie

DOCUMENTO DE TRABAJO

Consolidación de barrios informales y estructura urbana de Medellín: un modelo de panel espacial

Autores

David Londoño Arenas

Consolidación de barrios informales y estructura urbana de Medellín: un modelo de panel espacial ¹

David Londoño Arenas

Abstract: The rapid urbanization of developing countries in the 20th century resulted in the formation of informal settlements that persist despite government efforts. The idea of self-help proposes the incremental improvement of housing – made by families and communities – as the solution to the low quality of housing in informal settlements. This paper examines the effect of the urban structure in the capacity of neighborhoods to consolidate. To achieve this, panel data and a spatial model are used together with explanatory variables used in academic literature and a novel variable proposed by space syntax. The results indicate that higher levels in quality of housing result from a higher level of internal street integration and gentler slopes.

Keywords: informal settlements, consolidation, urban form, integration, spatial model

JEL Classification: O18, P25

Resumen: La rápida urbanización de los países en desarrollo en el siglo XX derivó en la formación de asentamientos informales que persisten a pesar de los esfuerzos gubernamentales. La idea de la autoayuda propone la mejora progresiva de la vivienda - realizada por las familias y comunidades - como la solución a la baja calidad de la vivienda en los asentamientos. Este estudio examina el efecto de la estructura urbana en la capacidad de los barrios para llevar a cabo esta consolidación. Para lograrlo se utilizan datos panel y un modelo espacial usando variables explicativas comunes en la literatura y una variable novedosa propuesta por la sintaxis del espacio. Los resultados indican que mayores niveles de calidad de la vivienda resultan de un mayor nivel de integración vial interna y una geografía menos escarpada.

Palabras clave: asentamientos informales, consolidación, estructura urbana, integración, modelo espacial

Clasificación JEL: O18, P25

¹ Este documento de trabajo fue financiado por el programa de investigación de Colombia Científica- Alianza EFI con el código 60185 y contrato no. FP44842-220-2018 patrocinado por el Banco Mundial y administrado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Adicionalmente, fue presentado como monografía de grado para el título de Magister en Economía de la Universidad de Antioquia. Expreso mi agradecimiento al profesor Hector Posada por su valiosa guía en su calidad de tutor en la elaboración.

Errores, opiniones y omisiones son propias del autor y no representan la postura de las instituciones involucradas.

Introducción

Durante el siglo XX, el mundo experimentó un crecimiento poblacional sin precedentes acompañado de la migración de la población del campo a la ciudad. En 1900, solo el 15% de la población mundial vivía en las ciudades, para 2009 ya era el 50%. (Spence, et Al., 2009). Colombia no fue extraña a estos procesos de urbanización. Según datos censales, la proporción de la población que habita en cabeceras municipales subió del 30,1% en 1938 al 77,1% en 2018.² En cuestión de 100 años, Colombia pasó de ser un país predominantemente rural a ser uno urbanizado.

La velocidad y magnitud de estos cambios demográficos superó la capacidad de los gobiernos y los mercados de los países en desarrollo para proveer vivienda en la ciudad, en especial, a los sectores pobres de la sociedad. La escasez resultante derivó en la formación de asentamientos informales, áreas caracterizadas por la construcción de vivienda por fuera de la planeación urbana y las regulaciones estatales, sin acceso a servicios públicos y sin documentos legales de propiedad privada sobre la tierra y/o la vivienda.

Los asentamientos presentan otras condiciones adversas que afectan el bienestar de sus habitantes como contaminación y riesgo ambiental, dependencia de los mercados laborales informales, hacinamiento de las residencias y problemas de salud, entre otros.³ Por esto, los asentamientos informales son considerados como la expresión de la pobreza urbana en los países en desarrollo (ONU-Habitat, 2003).

Las primeras medidas que los Estados tomaron respecto a los asentamientos informales favorecían un método directo de intervención con desalojos, reubicación en viviendas públicas y redesarrollo de las zonas afectadas. En general, estas medidas fallaron en frenar la creación y proliferación de los asentamientos informales, y ante su ineffectividad, la mayoría de los gobiernos se apartaron de estas. (Gilbert, 2014).

Con el trabajo seminal de John Turner surge la idea de la autoayuda, la cual reconoce no solo la capacidad que tienen los individuos y las comunidades para mejorar su vivienda y entorno de manera autónoma, sino la necesidad de que así sea, de tal manera que la vivienda sea la que mejor se ajuste a las necesidades y circunstancias de sus ocupantes.

² DANE. (1993). Las estadísticas sociales de Colombia y Censo Nacional de Población y Vivienda 2018

³ Para una descripción detallada de las características de los asentamientos, refiérase a Wekesa, et. Al (2011)

(Harris, 2003). Así, los asentamientos siguen un proceso de mejora progresiva a medida que las condiciones económicas de sus habitantes mejoren y estos inviertan en sus viviendas.

La autoayuda ha guiado la política pública desde entonces⁴. En la actualidad, la idea de la autoayuda ha evolucionado en el método habilitador ('enabling approach' en inglés). En esta propuesta, a diferencia de las anteriores, se reconoce un rol comprensivo del gobierno como facilitador de los procesos de consolidación al habilitar no solo a las familias, sino también a las comunidades y ONGs en la realización de su potencial como desarrolladores de la vivienda. Algunas de las medidas que ONU-Habitat (2011) recomienda incluyen proteger a la población de desalojos, provisión de servicios, incentivos a la construcción, programas de financiamiento y subsidios.

Sin embargo, el proceso de consolidación de los asentamientos no es necesariamente universal o uniforme. Críticos de la autoayuda apuntan a la crónica falta de recursos de las familias y su bajo conocimiento técnico para argumentar en su contra. En vez de descartar la idea completamente, la literatura reconoce la consolidación como una ocurrencia condicional a ciertas precondiciones. Bajo este panorama, es importante preguntarse qué condiciones necesita un asentamiento informal para consolidarse y converger a las condiciones de vivienda de la ciudad formal, con el fin de guiar la política pública hacia un tratamiento efectivo de estos barrios en su proceso de integración social y económico al resto de la ciudad. Se han propuesto una variedad de factores socioeconómicos y legales entorno a los cuales se encuentra consenso sobre su importancia.

Un creciente cuerpo de la literatura se está enfocando en asociar factores espaciales a resultados socioeconómicos que pueden estar relacionados al fenómeno de la consolidación. En particular, la Economía urbana tiene un amplio catálogo de trabajos teóricos y empíricos que asocian la accesibilidad y la segregación residencial a pobres resultados laborales (Gobillon y Selod, 2021; Andersson, 2018). No obstante, la forma espacial de los asentamientos se mantiene poco estudiada dentro de la literatura, limitándose en su mayoría a descripciones cualitativas (Kamalipour y Dovey, 2020; Jones, 2019; Dovey, et al., 2020). Este vacío puede ser atribuido parcialmente a la dificultad para medir la forma urbana en variables cuantificables con algún sentido social o económico y la falta de información geográfica de los asentamientos.

La sintaxis del espacio, un programa de investigación social desde la arquitectura, ha propuesto un conjunto de variables que busca capturar la morfología de las ciudades de manera cuantitativa junto a una teoría que les da contenido. De particular interés para este

⁴Stein (1991) provee una historia crítica de los programas basados en la autoayuda.

trabajo es el concepto de integración local. Definida como el número de cambios direccionales (o pasos sintácticos) necesarios para alcanzar todas las calles de una red local desde una vía, esta variable busca capturar el potencial de un espacio para generar la presencia de personas a partir de la cual ocurren fenómenos socioeconómicos complejos.

El objetivo de este trabajo es explorar la influencia de los factores espaciales que capturan la estructura urbana sobre el proceso de consolidación de los barrios de origen informal como localización relativa, dependencia espacial, y especialmente, el diseño interno o configuración espacial. Para esto se propone un análisis espacial y econométrico de la ciudad de Medellín. Medellín es un caso de estudio interesante por su geografía, caracterizada por un valle estrecho rodeado de montañas y atravesado por el Río Medellín, la proliferación de asentamientos informales tanto en el valle como en las laderas de las montañas y una riqueza de información en la forma de mapas y encuestas de calidad de vida.

I. Revisión de Literatura

a. La idea de la consolidación

La idea de la autoayuda, a partir de la cual surge la idea de la consolidación, se le atribuye principalmente al arquitecto inglés John Turner con sus trabajos en Perú. Uno de estos, Turner (1967), describe el proceso de formación y consolidación de Cuevas, un barrio de invasión a las afueras de Lima, como un proceso de desarrollo progresivo en contraste con el desarrollo instantáneo de las viviendas públicas. Este desarrollo progresivo o consolidación difiere del desarrollo estatal no solo en la temporalidad sino en el orden de prioridades que siguen. Por ejemplo, en la descripción de Cuevas, las familias buscan primero seguridad en la tenencia mientras que una vivienda pública la tenencia es lo último que les ofrece. Así, son las familias y sus comunidades las que deciden la forma en la que la vivienda y el barrio es construido. Según Turner, la autonomía y control del dueño sobre su vivienda es el elemento clave para lograr los mejores resultados, viviendas que se ajusten de la mejor manera a las necesidades y circunstancias de sus ocupantes (Harris, 2003).

Aunque la idea de la autoayuda ha recibido múltiples críticas que van desde la explotación del trabajo de las personas de bajos recursos (Burgess, 1982), la incapacidad de los habitantes de los asentamientos para acumular capital humano (Marx et al, 2013) y la crónica falta de recursos, entre otros, la idea se ha mantenido vigente entre los gobiernos y los organismos multilaterales. En la actualidad, la idea de la autoayuda ha evolucionado en el método habilitador. En esta propuesta, a diferencia de las anteriores, se reconoce un rol comprensivo del gobierno como facilitador de los procesos de consolidación al habilitar

no solo a las familias, sino también a las comunidades y ONGs en la realización de su potencial como desarrolladores de la vivienda.

La discusión sobre la tenencia legal ha tenido diferentes argumentos sobre su pertinencia. Por un lado, se argumenta que la inseguridad legal expone a los habitantes de los asentamientos al riesgo de desalojo y evita la inversión de la política pública en provisión de servicios públicos (Ward, 1976). La eliminación de este riesgo por medio de la titulación sirve como un impulso a la inversión y consecuente consolidación del barrio. Además, con el título legal viene la capacidad de convertir esta vivienda en capital a través de su uso como colateral en el mercado formal de crédito (De Soto, 2000). De otro lado, diversos autores aclaran que no es el título legal el aspecto clave para impulsar la consolidación de los asentamientos sino la seguridad percibida de la tenencia dada por el tiempo de ocupación y el reconocimiento implícito de las autoridades que viene de la provisión de servicios públicos (Doebele, 1978; Gilbert, 2002). En cualquier caso, existe evidencia empírica que soporta la relación entre seguridad de la tenencia y la consolidación de las viviendas, aunque no hay un consenso sobre el mecanismo concreto por el cual ocurre esto (Galiani y Schargrotsky, 2010; Van Gelder, 2009; Kiddle, 2011).

Naturalmente, la inversión que consolida los asentamientos informales requiere de financiamiento para realizarse. En este sentido, existen estudios que asocian la consolidación a la educación y al tipo de empleo (Ward, 1978), los negocios en el hogar (Tipple, 2004) y al arrendamiento de parte de la vivienda (Amoako y Boamah, 2016). De estos últimos, el más polémico es el papel que juega el arrendamiento. El ingreso asociado a este puede proveer de recursos adicionales a las familias para ampliar y mejorar su vivienda o un incentivo para construir un segundo piso, sin embargo, el fenómeno de los propietarios ausentes en los asentamientos puede crear una situación donde ni propietarios ni arrendadores tienen incentivos para invertir en la vivienda, y el barrio entra en un proceso de deterioro después de la consolidación inicial (Davis, 2006).

Las organizaciones comunitarias y sus líderes es otro tema común dentro de la literatura donde se reconoce su importancia para superar la incapacidad individual de consolidar la vivienda y el barrio. Este desarrollo liderado por la comunidad puede tomar diferentes formas, como organizaciones que buscan asociarse con las autoridades locales (Appadurai, 2001), movimientos para resistir presiones de desalojo (Eckstein, 2009), grupos de ahorro y microcrédito (Swain y Varghese, 2009; Meganathan, 2011) o redes para la obtención de empleo (Opel, 2000).

b. Accesibilidad y dependencia espacial

Respecto a los aspectos espaciales, hay varias teorías que sugieren un rol activo de la estructura urbana en los resultados socioeconómicos en las ciudades. La hipótesis del mismatch espacial plantea que los individuos alejados de los centros de trabajo enfrentan peores resultados laborales, en salarios y nivel de desempleo, que aquellos ubicados cerca de estos. Esta situación, planteada por primera vez por Kain (1968), ocurre debido a la segregación residencial que separa a trabajadores de trabajos no calificados, dificultando la obtención y mantenimiento de estos trabajos. Se han identificado múltiples mecanismos por los cuales los barrios distantes y mal conectados pueden tener estos resultados adversos en el mercado de trabajo. Desde el punto de vista del trabajador, aquellos que residen lejos pueden enfrentar altos costos de transporte, baja eficiencia y altos costos en el proceso de búsqueda que los lleva a buscar empleo de manera menos intensiva. Desde el lado del empleador, puede existir prejuicio contra ciertos lugares residenciales basados en estadísticas de crimen o malos hábitos, también pueden considerar al trabajador menos productivo asociado al cansancio del largo trayecto al trabajo o para satisfacer el prejuicio de los clientes contra estos trabajadores (Gobillon, et al., 2007).

El efecto que tiene la ubicación sobre la consolidación de los barrios marginales puede ocurrir por otros canales diferentes al acceso al transporte y la discriminación laboral. Los trabajos sobre las trampas de pobreza espaciales contemplan desventajas que van más allá de la distancia incluyendo en la ecuación efectos vecindario y externalidades geográficas. En el trabajo original de Jalal y Ravallion (1997) sobre las trampas espaciales se identifica la existencia de los efectos de vivir en una zona menos dotada de capital físico, humano o económico sobre el crecimiento del consumo en áreas rurales chinas. Según este trabajo, el hecho de vivir en un lugar pobre disminuye la productividad de las inversiones del hogar. Estas trampas de pobreza espaciales no surgen por las condiciones internas del hogar como su nivel educativo sino por las condiciones del entorno. En el contexto urbano, estas condiciones van más allá de la carencia de infraestructura e incluyen el medio ambiente, fallas institucionales, estigma y exclusión social. (Bird, et al, 2010). Así, se plantea la existencia de efectos vecindario sobre la consolidación de barrios, dado que estar ubicado en una

c. La configuración espacial

La morfología de los asentamientos informales en general, y la forma de sus vías en particular, han estado poco estudiados ante la exclusión de estas zonas de los mapas, fotografías y sistemas de demarcación urbanos (McCartney y Krishnamurthy, 2018). Recientemente han surgido una serie de estudios en morfología que buscan llenar vacíos en la literatura de los asentamientos informales. En estos, se describen la variedad de locaciones geográficas en las que se ubican los asentamientos, el tamaño de las vías, la

altura de los edificios, los usos de la tierra y las formas de acceso (Dovey y King, 2011; Kamalipour; Dovey, et al., 2020). No obstante, la forma urbana permanece ausente de los estudios cuantitativos sobre la consolidación de asentamientos. Una posible explicación para este vacío en la literatura puede ser que realizar una caracterización cuantitativa de la estructura geométrica y topológica de las redes viales presenta múltiples dificultades (Barthelemy, 2016).

De particular interés para este trabajo es la propuesta de la sintaxis del espacio. Este conjunto de teorías desarrolladas desde la arquitectura propone la forma de las vías, fundamental en la estructura urbana, como una importante variable explicativa en el desarrollo de la ciudad por su influencia en la interacción entre habitantes (Hillier y Hanson, 1984). Ciertas formas ofrecen mayores posibilidades de encuentro y otras formas mayor grado de privacidad.

Para capturar la forma urbana de manera cuantitativa, la sintaxis del espacio propone un conjunto de medidas basadas en el número de conexiones y cambios direccionales de las vías. Las cuatro medidas básicas son, en el lenguaje de esta teoría, conectividad (número de vecinos inmediatos), control (número de conexiones alternativas), elección (número de menores trayectorias que pasan por la vía) e integración (el promedio del número de menores cambios direccionales entre una vía y todas las otras en un espacio). (Klarqvist, 1993). De estas cuatro, el concepto central es integración. (Teklenburg y Wagenberg, 1992)

Los trabajos hechos por la sintaxis del espacio realizados para Santiago de Chile son los únicos que explotan estas variables en el contexto de los asentamientos. En estos, se encontró una asociación positiva entre el nivel de integración del diseño de las calles y el desarrollo de actividad económica informal en las fronteras de estos barrios, que finalmente resulta en una mayor calidad de la vivienda (Hillier, et al., 2000; Greene, 2003).

El mecanismo por el cual la forma de las vías, capturada por la variable integración, afecta resultados socioeconómicos se basa en la existencia de un movimiento natural que depende exclusivamente del diseño de la ciudad y no de los usos de la tierra, de tal manera que la forma urbana influye en la distribución del movimiento, principalmente, peatonal. La idea del movimiento natural surge de la decisión racional de los individuos no solo de minimizar el tiempo o la distancia para llegar de un punto A a un punto B, sino de minimizar los cambios direccionales, de tal manera que el busca el camino más directo. Estudios han demostrado la validez de esta medida para explicar los flujos de individuos controlando por usos de la tierra (Ozbi, et al., 2011) y comparándolo con medidas tradicionales de accesibilidad basadas en la distancia mostrando la complementariedad entre ambos tipos de medidas al explicar conjuntamente una mayor proporción de las decisiones de viaje que por separado. (Shatu, et al., 2019).

A través de los flujos vehiculares y peatonales varios estudios han mostrado que las redes viales son importantes para procesos dinámicos que ocurren en ellas, por ejemplo, la

localización de actividades económicas (Wang, et al.,2011), la distribución del crimen (Hillier y Shu, 1999) y la frecuencia de la interacción social. (Can y Health, 2016; Jacobs, 1993). De esta manera, la integración del barrio puede estar afectando indirectamente la capacidad de las familias por mejorar sus condiciones de vivienda. Un barrio físicamente bien integrado mejora la amigabilidad y facilita el movimiento peatonal. Esto a su vez, deriva en múltiples beneficios para los habitantes del barrio. Por ejemplo, un mayor tránsito impulsa el desarrollo de actividad comercial, que aumente los ingresos de los habitantes. La mayor cantidad de encuentros promueve el relacionamiento entre vecinos que resulte en redes de apoyo y acción colectiva organizada. La menor dependencia en transporte automotor mejora el estado físico de sus habitantes, con consecuencias en su productividad laboral. Todo esto conllevaría eventualmente a una mejora de la vivienda a través de mejores condiciones económicas y un mayor sentimiento de arraigo hacia el barrio.

II. Metodología

a. Las variables

En este documento se ha definido a la consolidación como la mejora progresiva de las viviendas en los barrios. Aunque se podría ampliar la definición hacia la mejora de otro tipo de infraestructura física que también afecta el bienestar de los hogares y las comunidades, esto resulta problemático. La infraestructura comunitaria como acueducto y escuelas hacen parte de una amplia gama de servicios generalmente provista por el Estado en la cual los hogares no tienen control directo. Si bien las comunidades tienen cierta capacidad de agencia para impulsar esta inversión estatal o realizarla ella misma, esta también puede venir por iniciativa propia de los gobiernos, por lo que incluirlos en una definición de consolidación derrotaría el propósito de medir la capacidad autónoma de los individuos para mejorar su entorno según la idea de la autoayuda. De acuerdo a lo anterior, se propone el siguiente índice de consolidación que se enfoca en las características físicas de las viviendas, cuya mejora esta relacionada con la capacidad y el incentivo de los hogares a realizarla.

$$\text{Consolidacion} = \text{Hacinamiento} + \text{Paredes} + \text{Piso} + \text{Cocina} + \text{Sanitario} \quad (1)$$

Cada uno de los componentes es una variable binaria que toma el valor de 1 si el elemento se considera consolidado y 0 en otro caso. Este índice es similar al índice de severidad propuesto por Patel, et Al. (2020) que incluye lo anterior además de acceso a agua y electricidad, los cuales son excluidos por las razones ya expuestas. Como nuestra unidad de análisis es el barrio, la consolidación de este se medirá como el promedio del índice calculado para las viviendas.

Para capturar diferentes aspectos de la estructura urbana, proponemos las siguientes variables. Primero, accesibilidad busca capturar en qué medida la localización relativa del

asentamiento a la ciudad le brinda mayores o menores oportunidades laborales, educativas y en salud a sus habitantes.

$$A_{ik} = \sum_j f(W_{jk})g(C_{ij}) = \sum_j \frac{W_{jk}}{C_{ij}} \quad (2)$$

Esta ecuación expresa la accesibilidad desde el punto de origen i a las oportunidades de tipo k como la suma del número de oportunidades W en las locaciones ponderadas por el costo de moverse C . Usando la Encuesta de Origen-Destino de 2017 podemos calcular W como el porcentaje de viajes realizados a cada zona SIT para el motivo k y C como el tiempo de desplazamiento promedio entre i y j para luego ser resumido por barrio según el porcentaje de la zona SIT que corresponda a cada barrio. (Apéndice A)

Segundo, para medir la integración del diseño de las calles tomaremos la variable integración local. Para exponer la variable integración es necesario introducir algunos elementos analíticos de la sintaxis del espacio. Para aplicar un análisis espacial de las áreas urbanas, la sintaxis del espacio utiliza una representación gráfica llamada el mapa axial. Este mapa axial se construye con líneas que representan los espacios abiertos del área, en nuestro caso, las vías. El mapa axial puede representarse a su vez por medio de un grafo que simplifica que representa las vías como nodos y sus intersecciones como las conexiones entre nodos.

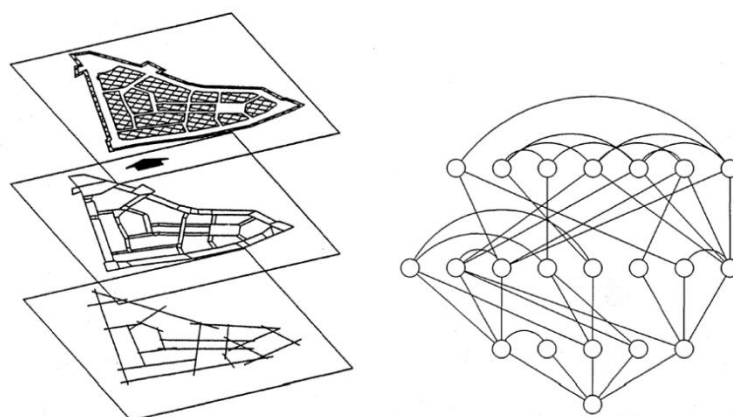


Figura 1: Simplificación del trazado urbano en el mapa axial (izquierda) y su representación en un grafo(derecha). Tomado de Teklenburg y Wagenberg (1993).

En este grafo, la distancia topológica⁵ se mide en el número mínimo de conexiones que se deben recorrer para llegar de una línea a otra. Así, si dos líneas se intersectan, la distancia entre ambas es 1, que corresponde al cambio direccional que se tuvo que dar de una vía a

⁵ También llamada profundidad por los arquitectos de la sintaxis del espacio.

otra. Siguiendo a Park (s.f.), si sumamos todas las distancias de un nodo respecto al resto de los nodos del sistema obtenemos su distancia total (U). Si a este número le restamos el valor mínimo que U puede tomar dado el número de nodos en el sistema (N), definido como $U_{min} = N - 1$ obtenemos que tan alejada esta la vía respecto al sistema.

$$\Delta U = U - U_{min} \quad (3)$$

Si este valor lo comparamos con la misma medida, pero de un nodo perteneciente a un grafo en forma de diamante (ΔU^D) derivamos el concepto de integración.

$$I = \frac{\Delta U^D}{\Delta U} \quad (4)$$

La elección de un grafo en forma de diamante se hizo con el objetivo de normalizar esta distancia relativa en base a un sistema simétrico. Integración es por tanto una medida normalizada de la distancia relativa al sistema. Entre más cambios direccionales se deban realizar, mayor es la distancia topologica y menor su nivel de integración. Es común en la práctica diferenciar entre integración global y local, donde se toma como referencia todo el sistema urbano o solo hasta cierto número de cambios direccionales respectivamente, comúnmente tres o cinco. Para los propósitos de este estudio, se usará integración local de radio 3 (maximo 3 cambios direccionales), comúnmente utilizada para analizar y predecir los patrones de movimiento peatonal. El índice resultante asigna un valor numérico a las calles que se resumen por barrio ponderando el valor por la longitud de la calle. Esta variable se construye con el software especializado DepthmapX desarrollado por el University College de Londres con información libre de la malla vial provista por Geo Medellín. (Apendice B)

Tercero, para capturar otros aspectos espaciales relacionados a la caminabilidad, se calculó dos variables adicionales, el porcentaje del área del barrio considerado escarpado y el porcentaje del área dedicado a parques y otros espacios públicos utilizando datos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del año 2014 de la Alcaldía de Medellín. (Apendice C)

Como variables de control se proponen variables demográficas, económicas y sociales del barrio como edad promedio, porcentaje de arrendatarios, años de educación promedio, el porcentaje de profesionales, el log de los ingresos y la tasa de desempleo y formalidad laboral. Para la construcción de estas variables, se usan datos de la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) de Medellín para los años 2007 a 2018. Estos datos comprenden las variables socioeconómicas y de calidad de la vivienda a nivel hogar los cuales son resumidos por la unidad de observación, el barrio. En total, se usa un panel balanceado de 226 barrios y 12 años comprendidos en el periodo 2007-2018.

La tabla 1 resume las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas. La tabla replica algunas de las estadísticas socioeconómicas de Medellín como 3,6 personas por hogar, una

edad promedio en el rango de 30 a 39 años, un ingreso promedio de 1'3 millones de pesos (en log) y una formalidad laboral cercana al 50%. La tabla también muestra que la ciudad ha experimentado en promedio una mejora de sus condiciones de vivienda, una caída en el tamaño de los hogares, envejecimiento de la población, un mayor porcentaje de arrendatarios y universitarios, mayor ingreso y formalidad laboral y una presencia menor de negocios ubicados en las viviendas.

Tabla 1: Estadísticas descriptivas

Variable	Media	Desv. est.	Cambio prom.
consolidacion	4,68	0,38	0,14
integracion	1,43	0,25	0,00
accesibilidad trabajo	1,01	0,43	0,00
accesibilidad estudio	0,91	0,41	0,00
accesibilidad salud	1,15	0,48	0,00
escarpado	4,70	11,24	0,00
parques	0,07	0,07	0,00
tamaño del hogar	3,55	0,53	-0,34
edad	36,82	6,27	5,79
dependencia economica	0,17	0,08	-0,07
tiempo en el barrio	18,19	6,81	8,40
arrendatario	0,35	0,13	0,07
universitario	0,13	0,15	0,03
ingreso	14,16	0,68	0,39
formalidad laboral	0,53	0,19	0,16
negocio en vivienda	0,06	0,05	-0,01

c. El modelo

Para obtener una estimación consistente y una inferencia válida es necesario tener en cuenta dos cosas en el modelo: heterogeneidad no observada y dependencia espacial. Ambas pueden ser tratadas usando un modelo de panel espacial. La especificación de este modelo varía según el tipo de efecto individual (fijo o aleatorio) y la inclusión o no de un componente autorregresivo espacial y/o errores espaciales. En el caso de que se incluyan errores espaciales con efectos aleatorios, hay dos alternativas adicionales: si el efecto individual debería estar correlacionado en el espacio o no.

Primero, respecto a los efectos individuales, tradicionalmente la inferencia causal en Economía ha favorecido los efectos fijos, en buena parte, por la transformación within usada comúnmente en su estimación. Al eliminar las constantes del modelo incluido el efecto individual por medio de esta transformación, se obtienen estimadores consistentes aun cuando la variable de tratamiento esta correlacionada con el componente persistente del error. De esta manera, la especificación de efectos fijos es preferida a la especificación de efectos aleatorios si la asignación del tratamiento está determinada por atributos no observados específicos del individuo anteriores a este tratamiento (Wooldridge, 2010). Sin

embargo, el enfoque de los efectos aleatorios también es apropiado para controlar por variables omitidas. La cuestión clave entre un modelo u otro es si este efecto individual no está correlacionado con las variables independientes observadas, un supuesto particularmente restrictivo. El test de Hausman es la principal prueba estadística sobre la idoneidad de los efectos aleatorios. Si el test de Hausman no rechaza la hipótesis nula, el estimador de efectos aleatorios obtiene estimadores similares al modelo de efectos fijos, por lo que se considera que está controlando adecuadamente las variables omitidas, por lo que se considera consistente y eficiente.

El modelo de efectos aleatorios tiene otras ventajas sobre el modelo de efectos fijos. Clave para este estudio es la posibilidad de estimar el efecto de variables geográficas que por su naturaleza no varían mucho en el tiempo. El modelo de efectos fijos obtiene estimadores imprecisos cuando X no varía mucho en el tiempo, y la transformación within elimina la posibilidad de estimar el efecto de la variable en el caso de que esta sea totalmente invariante en el tiempo. Esta es una de las principales razones por las que en la econometría espacial se prefiere el modelo de efectos aleatorios sobre el de efectos fijos a diferencia de las aplicaciones empíricas tradicionales. (Elhorst, 2013). En nuestro caso, la variable de interés, integración local, no presenta datos para calcularla en diferentes momentos del tiempo por lo que se asume constante. En cualquier caso, la mayoría de los barrios no presentan cambios, dado que el diseño interno de las vías es persistente desde la formación del mismo y las grandes obras de infraestructura como puentes están diseñados para el movimiento vehicular. Solo un redesarrollo amplio cambiaría de manera significativa la variable.

Segundo, respecto al rezago espacial, hay varias razones por las que se puede considerar su inclusión en un modelo econométrico. En el presente estudio, se consideran las siguientes: la calidad de la vivienda presenta un claro patrón espacial. Las zonas residenciales tienden a tener viviendas en condiciones similares, debido a fenómenos como la zonificación y la segregación residencial. Los asentamientos informales son un ejemplo de esto. Las viviendas informales pueden estar presentes en toda la ciudad, pero son en los asentamientos donde se concentran espacialmente. Adicionalmente, la consolidación de un barrio puede tener un efecto directo sobre otro. Observar como un vecino mejora su vivienda puede impulsar la mejora propia, el efecto Keeping up with the Joneses. Estos aspectos pueden modelarse adecuadamente con la inclusión de un rezago espacial.

Tercero, a diferencia del rezago espacial, la inclusión de los errores espaciales no se justifica en la existencia de procesos de interacción espacial sino en la existencia de determinantes omitidos correlacionados espacialmente. (Elhorst, 2013). Esto significa que la correlación puede surgir por un efecto spillover o solo porque las variables exhiben algún patrón geográfico. Esto conlleva a que la interpretación del parámetro asociado es diferente, ya que solo se incluye para obtener mejores estimadores de los coeficientes de la regresión. Sin embargo, los errores espaciales podrían considerarse la forma más apropiada de

modelar la dependencia espacial. Por ejemplo, en los modelos hedónicos, los efectos vecindario no observados, que son compartidos por todas las viviendas de la misma área, justifican teóricamente la inclusión de errores espaciales en el lugar de un rezago espacial. (Anselin y Lozano-Gracia, 2008). Otros autores consideran que los errores espaciales constituyen una representación mas completa de dependencia espacial porque pueden estar afectados por otros factores adicionales a los rezagos espaciales de las variables dependientes o independientes. (Glass, et al., 2012). En nuestro caso, la inclusión del error espacial se justifica también por la existencia de efectos vecindario como las trampas de pobreza espaciales y por variables no observadas para las que se carece de información o resultan difíciles de medir como el prestigio del barrio o el nivel de capital social de la comunidad, que pueden tener un efecto importante en la consolidación, independiente si tienen efectos indirectos o solo directos.

La econometría espacial propone dos especificaciones diferentes para los errores espaciales en el contexto de un modelo panel. Baltagi, et al. (2003) propone que la correlación se encuentre solo en el componente idiosincrático del error mientras Kapoor, et al. (2007) propone que la autocorrelación espacial del error aplique tanto a los efectos individuales como al error idiosincrático. Esto significa que los errores a la Baltagi asumen que la heterogeneidad es variante en el tiempo mientras los errores a la Kapoor, Kelejian y Prucha (o KKP) permiten que la heterogeneidad sea variante e invariante en el tiempo. Aunque los primeros parezcan mas restrictivos al no permitir spillovers entre efectos individuales, los segundos asumen que variables variantes e invariantes generan un mismo efecto spillover. (Baltagi, et. Al, 2012). En el modelo de efectos fijos, ambas especificaciones son indistinguibles dado que el modelo en desviaciones elimina el efecto individual. En este ejercicio, no se tienen razones para considerar que las variables omitidas invariantes en el tiempo no estén correlacionadas en el espacio, en efecto, puede haber variables geográficas invariantes y correlacionadas en el espacio que no se están controlando explícitamente en el modelo.

En consecuencia, se propone un modelo espacial auto correlacionado (SAC) con efectos aleatorios individuales y errores a la KKP. Siguiendo a Baltagi, et. Al (2012), la especificación de este modelo es la siguiente:

$$y_{it} = \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{it} + x_{it} \beta + u_{1i} + u_{2it} \quad (5)$$

Donde,

$$u_{1i} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{1i} + \mu_i$$

$$u_{2it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{2it} + \varepsilon_{it}$$

$$\varepsilon_{it} \sim IID(0, \sigma_{\varepsilon}^2)$$

Donde w_{ij} son los pesos espaciales asociados a los y_{it} de las unidades vecinas definidas en una matriz tipo reina, x_{it} son las variables independientes incluidas las espaciales y socioeconómicas y los errores a la KKP corresponden al termino específico de la unidad u_{1i} donde se contiene el efecto individual μ_i y u_{2it} el termino de error espacial y el error independiente ε_{it} . La estimación se hace a través de máxima verosimilitud.⁶

La especificación del modelo se examina usando una serie de pruebas de especificación empezando por el test de Hausman extendido al caso espacial por Mutl and Pfaffermayr (2011) para probar la validez de los efectos aleatorios seguido de los multiplicadores de Lagrange (LM) de Baltagi, et al (2007) que diferencia entre un modelo pooled y efectos aleatorios y la inclusión de errores espaciales. Por último, la inclusión del rezago se prueba con los LM de Baltagi, et al (2003). Cabe mencionar que se utilizaran las versiones condicionales de estas pruebas para añadirle robustez ante diferentes especificaciones del modelo espacial. Los resultados de estas pruebas son los siguientes:

Tabla 2: Pruebas de especificacion

Hipotesis nula	Estadistico	P-valor
Efectos aleatorios es consistente	9,07	0,43
No hay efectos aleatorios	106,65	0,00
No hay rezago espacial	14,08	0,00
No hay errores espaciales	123,34	0,00

III. Resultados

a. Análisis espacial

La figura 2 grafica el nivel de integración y consolidación en los barrios de Medellín. Visualmente, ambas variables muestran patrones de dependencia espacial, los barrios tienen valores similares a los de sus vecinos en ambas variables. Se examina esta observacion con los estadisticos I de Moran globales, que nos permiten examinar si la distribucion espacial de los datos es aleatoria o no. Estos revelan una alta correlacion espacial, positiva y significativa en ambos casos, con un valor de 0,67 y 0,59 respectivamente. En la figura 3, el grafico de dispersion de moran, que compara el valor del barrio con el promedio de sus vecinos, nos permite visualizar el I de Moran como la pendiente de la regresion. Adicionalmente, este permite identificar observaciones que se desvian del patron general al dividir el plano en cuadrantes que clasifican los valores en

⁶ Para mayor información sobre el método de estimación y el procedimiento computacional, refiérase a Millo y Piras. (2012). Spatial Panel Data Models in R. Journal of Statistical Software, 47(1), 1–38.

similares o disimiles al de sus vecinos. Una inspeccion visual de estas areas revela que se componen principalmente de barrios formales rodeados de barrios informales o viceversa.

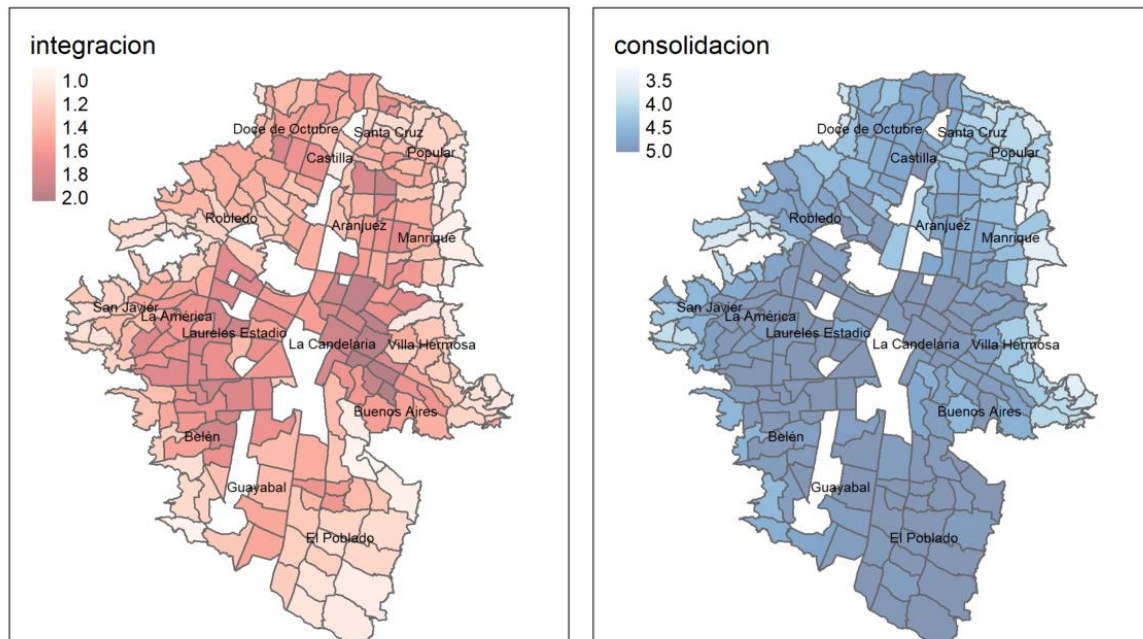


Figura 2: Integracion y consolidacion de Medellin en 2007

La figura 2 también muestra la ubicación de clústeres de integración y consolidación. Los mayores niveles de integración se encuentran en la zona central de la ciudad en la comuna la Candelaria, seguido de la comuna Laureles-Estadio mientras los valores más bajos se encuentran en la periferia compuestas al oriente de la ciudad por las comunas Popular, Manrique, Villa Hermosa y al occidente por San Javier y la parte alta de Robledo coincidiendo en su mayoría con la ubicación de los asentamientos informales de la ciudad, donde la consolidación de las viviendas es marcadamente menor al del resto de la ciudad. La excepción es la comuna Poblado, con la calidad de vivienda y de vida más alta de la ciudad, sobresale por su bajo nivel de integración. La razón se encuentra en el particular proceso de desarrollo de este sector iniciado por la migración de la clase alta de la ciudad desde el centro de la ciudad en los años 1930 y acelerado en los años 1980 de manera no planificada. (Alcaldia de Medellín, 2010). Esto resulto en un “trazado irregular e inconexo” caracterizado “por falta de continuidad, sinuosidad de algunos trayectos, secciones insuficientes y precariedad en general” (Alcaldia de Medellín, 2005).

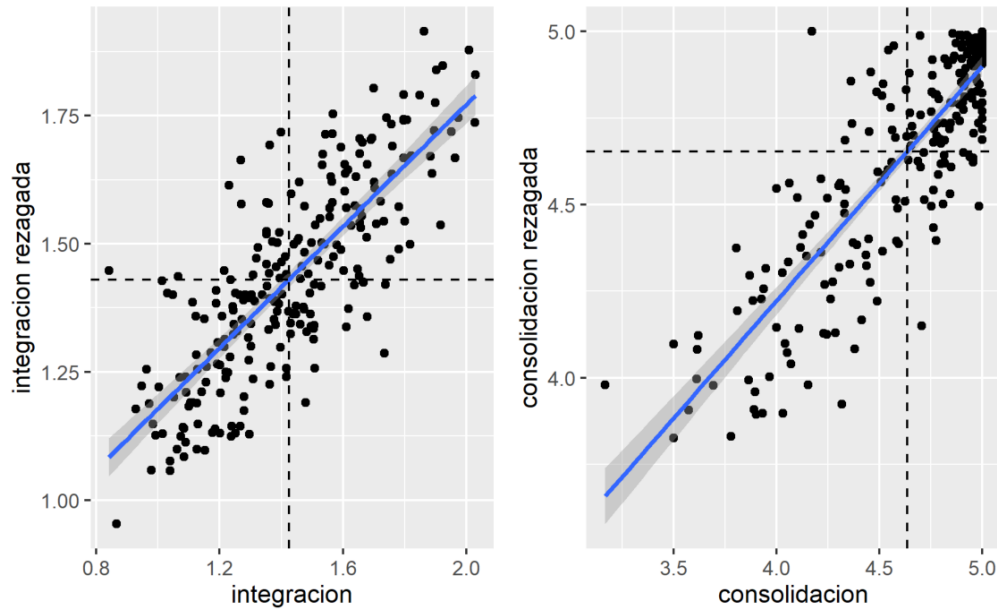


Figura 3: Dispersion de Moran

Para ilustrar el funcionamiento de la variable integración, en la figura 4 se comparan las vías de dos barrios en diferentes lados del espectro. A la izquierda, el barrio Prado, es un barrio ubicado entre la estación Prado y Hospital del metro, planificado a principios del siglo XX y reconocido en la ciudad por su arquitectura siendo la zona más exclusiva de la ciudad en la primera mitad del siglo XX. Las vías del barrio siguen un trazado lineal que resulta en manzanas cuadradas y rectangulares características del plano ortogonal que resulta en un nivel de integración alto. Este diseño facilita el movimiento peatonal por la simplicidad de la geometría, que las hace fáciles de recordar y navegar (Gell, 1985; Sadalla y Montello, 1989; citados por Sevtsuk y Kalvo, 2016), las intersecciones frecuentes generan rutas más directas a diferentes destinos y ofrecen rutas alternativas por variedad o conveniencia (Instituto de ingenieros del transporte, 2010).

A la derecha, el barrio Carpinelo, ubicado en la parte alta de la Comuna Popular y conformado a finales de los años 80, tiene vías que siguen un trazado irregular con múltiples curvas y calles sin salida que resultan en un bajo grado de integración. En contraste con el plano ortogonal, la irregularidad de la dirección de las vías dificulta la navegación mental del barrio, el menor número de intersecciones minimiza las opciones de ruta entre viajeros y las calles sin salida desconectan áreas espacialmente cercanas. La consecuencia es un barrio espacialmente segregado tanto en su interior como de zonas aledañas.

Por construcción, la variable integración favorece regularidad, linealidad y conectividad, que reducen las distancias entre áreas, los tiempos de viaje y promueve los viajes a pie o en bicicleta. Estos son conceptos clave de uno de los paradigmas actuales de la planeación urbana, el modelo de ciudad compacta. Este modelo, propone, entre otras cosas, una alta

densidad residencial, uso mixto de la tierra, una forma urbana apta para caminar y un sistema de transporte publico eficiente.

Esta relacion positiva de la variable con las manzanas rectangulares permite considerar un mecanismo causal entre integracion y consolidacion diferente al de la caminabilidad, los costos de construccion y el uso de la tierra. Según Steadman (2006), la rectangularidad de la mayoría de los edificios se puede atribuir a los costos de los materiales, más fáciles de producir y por tanto más baratos si siguen formas rectangulares (como ladrillos y ventanas), que facilitan diseños igualmente rectangulares. Esta rectangularidad facilitaría la construcción de múltiples viviendas de manera continua, llevando a un mayor aprovechamiento de la tierra donde su oferta es escasa. Esto implicaría que los barrios con vias irregulares estarían enfrentando un trade-off entre construir edificios rectangulares más baratos pero desaprovechando espacios de tierra o construir edificios con formas mas complicadas mas costosos pero con un mayor uso de la tierra.

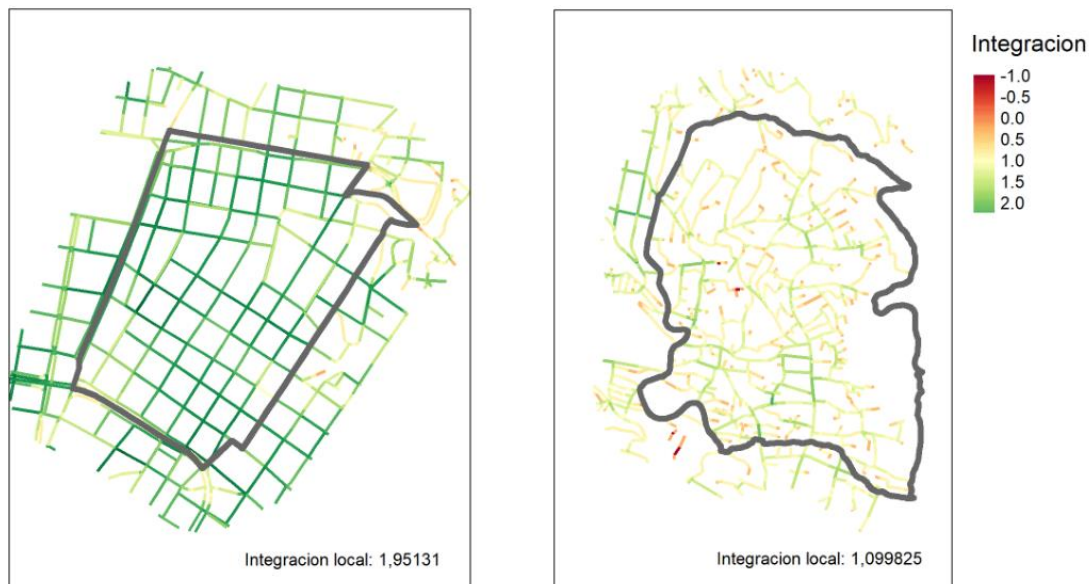


Figura 4: Integracion del barrio Prado(izq.) y el barrio Carpinelo(der.)

b. Regresión

La tabla 3 contiene los estimadores del modelo pooled, efectos aleatorios tradicional y su contraparte con rezago y errores espaciales. En general, los coeficientes muestran el signo esperado, aunque no todas las variables son estadísticamente significativas. Los resultados se repiten en cada uno de los modelos, mostrando robustez ante diferentes especificaciones.

Entre las variables espaciales, integración local muestra ser positiva y significativa indicando que barrios internamente mejor integrados resultan en mayores niveles de consolidación. Esto confirma la idea sobre los efectos positivos de tener vias que impliquen menores

cambios direccionales necesarios para trasladarse entre diferentes espacios en la capacidad de los barrios para alcanzar condiciones de vivienda aceptables. Este efecto positivo puede ser tanto por una mejor caminabilidad - que genera mayor actividad comercial, mejor relacionamiento entre vecinos, un estilo de vida más saludable, entre otros - y/o por menores costos de construcción y mayor aprovechamiento del espacio como consecuencia de la mayor rectangularidad de la forma urbana.

Los tres tipos de accesibilidad no resultan ser significativos en ningún caso, un resultado explicado por la inclusión de resultados laborales y educativos como covariables, indicando que un mayor acceso al transporte por si solo no tiene efectos en la calidad de la vivienda.

El coeficiente asociado al porcentaje del área escarpada es negativo y significativo reflejando la dificultad que representan las pendientes muy altas para la mejora de la vivienda adicional a la relacionada a una mala forma de las vías. Esta dificultad puede ser directa, afectando los costos de construcción al implicar la necesidad de adaptar el terreno, o puede ser indirecta, por ejemplo, afectando la caminabilidad de los barrios, al igual que integración local.

Una mayor destinación a parques y espacios públicos también genera un efecto positivo, posiblemente por su influencia sobre los valores de la tierra, que harían mas atractivo invertir en el asentamiento y, al igual que integración, sobre la caminabilidad y vida social del barrio.

Respecto a los controles socioeconómicos, el tamaño del hogar muestra tener un efecto negativo al igual que el grado de dependencia económica mostrando que afectan la capacidad de los barrios para realizar las inversiones necesarias para mejorar las viviendas, dado que representan mayores gastos en necesidades y menores ingresos de las familias. Por su parte, el tiempo viviendo en el barrio, el porcentaje de arrendatario, el nivel de ingresos (en log), y la formalidad laboral tienen coeficientes positivos acorde a la literatura. El tiempo es un proxy del mayor apego de las familias al barrio y su vivienda, lo que las incentiva a realizar mejoras duraderas en ellas. Mientras los arrendatarios significarían mayores ingresos para los dueños para invertir, en caso de vivir en el mismo barrio, y un posible incentivo a hacer atractivas las unidades arrendadas. Los ingresos indican capacidad para realizar la inversión mientras la formalidad implica mayor estabilidad de estos ingresos y un mejor acceso al crédito del sistema financiero formal. Por último, ni la edad de los habitantes ni la presencia de negocios en la vivienda parecen tener efecto.

Los coeficientes asociados al rezago y los errores del modelo espacial, λ y ρ respectivamente, resultan altamente significativos, apoyando las nociones de endogeneidad espacial en la calidad de la vivienda en el caso del rezago y de heterogeneidad no observada en el caso del error, un resultado previsto por los test de especificación. El rezago presenta un signo positivo, en sintonía con el estadístico de Moran presentado en la sección anterior, siguiendo la idea de que las viviendas tienen condiciones

similares a sus vecinos. En dirección contraria al rezago, el coeficiente del error espacial es negativo, lo que significa que los vecinos tienen errores con valores diferentes a sus vecinos. Esta relación inversa expone la existencia de una heterogeneidad con un patrón espacial diferente al rezago, donde los barrios cercanos no se parecen.

Respecto al modelo de panel tradicional, la inclusión simultánea del rezago y los errores espaciales disminuyen el tamaño en absoluto de los coeficientes. Esto significa que no reconocer la estructura espacial de los datos genera un sesgo positivo por variable omitida en las estimaciones. La variable omitida, en este caso, los rezagos espaciales, constituyen una violación del supuesto clásico de no correlación con los errores. Sin embargo, la significancia estadística solo cambia en dos variables, el porcentaje de universitarios que pasa a no tener significancia y el tamaño del hogar que pasa a tener una significancia fuerte.

Tabla 3: Resultados de la regresión

	Variable dependiente			
	Pooled	Consolidación		
		Efectos Aleatorios	SAC Err. Baltagi	SAC Err. KKP
integración	0,175*** (0,018)	0,251*** (0,029)	0,167*** (0,041)	0,147*** (0,037)
accesibilidad trabajo	0,025 (0,025)	0,061 (0,042)	0,038 (0,061)	0,028 (0,056)
accesibilidad estudio	-0,019 (0,018)	-0,056* (0,031)	0,022 (0,044)	0,005 (0,042)
accesibilidad salud	0,0003 (0,022)	0,006 (0,037)	-0,030 (0,053)	-0,010 (0,051)
escarpado	-0,011*** (0,0004)	-0,013*** (0,001)	-0,009*** (0,001)	-0,009*** (0,001)
parques	0,471*** (0,050)	0,484*** (0,084)	0,304** (0,121)	0,267** (0,115)
tamaño del hogar	0,028** (0,011)	-0,014 (0,009)	-0,022*** (0,008)	-0,021*** (0,008)
edad	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,001 (0,001)
dependencia económica	-1,848*** (0,124)	-1,120*** (0,105)	-0,665*** (0,086)	-0,666*** (0,086)
tiempo en el barrio	0,002*** (0,001)	0,001** (0,0005)	0,001*** (0,0004)	0,001*** (0,0004)

Nota:

*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01

Tabla 3: Resultados de la regresión (*continuación*)

	Variable dependiente			
	Pooled	Efectos Aleatorios	SAC Err. Baltagi	SAC Err. KKP
arrendatario	0,279*** (0,032)	0,140*** (0,027)	0,057** (0,023)	0,057** (0,023)
universitario	0,186*** (0,046)	0,251*** (0,047)	0,082* (0,044)	0,084** (0,043)
ingreso	0,060*** (0,007)	0,040*** (0,006)	0,016*** (0,004)	0,016*** (0,004)
formalidad laboral	0,264*** (0,025)	0,164*** (0,021)	0,068*** (0,016)	0,068*** (0,016)
negocio en vivienda	0,088 (0,073)	0,023 (0,060)	-0,003 (0,050)	-0,002 (0,050)
Constante	3,466*** (0,126)	3,776*** (0,112)	1,850*** (0,098)	1,845*** (0,094)
Lambda			0,53***	0,54***
Rho			-0,29***	-0,28***
Observaciones	2,712	2,712	2,712	2,712

Nota:

*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01

Adicional a estas regresiones, se realizaron estimaciones por cada ítem del índice de consolidación. En estas, el nivel de grado de integración es positivo y significativo en cuatro de las cinco regresiones mientras accesibilidad, escarpado y parques mantienen los resultados anteriores en todos los modelos. Sin embargo, los signos y la significancia de los coeficientes de los controles y la dependencia espacial resultan mucho más volátiles. Por ejemplo, el λ asociado al rezago es positivo en las regresiones de paredes, hacinamiento y pisos, y negativo en cocina y sanitario. La situación inversa ocurre con el ρ asociado al error. No se tienen razones para considerar que diferentes componentes de la vivienda estén afectados por el mismo factor de manera diferente ya que todos los componentes afectan positivamente el bienestar de los habitantes de la vivienda. En consecuencia, se atribuyen estos resultados a la inconsistencia de los modelos, que no es rechazada por el test de Hausman en ningún caso.

Tabla 4: Resultados de la regresión por ítem

	Variable dependiente				
	Paredes	Hacinamiento	Consolidación Pisos	Cocina	Sanitario
integración	0,002 (0,006)	0,024*** (0,008)	0,085*** (0,021)	0,007** (0,004)	0,034*** (0,008)
accesibilidad trabajo	0,007 (0,009)	0,006 (0,011)	0,003 (0,033)	-0,004 (0,004)	0,003 (0,011)
accesibilidad estudio	-0,004 (0,007)	0,001 (0,008)	0,005 (0,025)	0,001 (0,003)	-0,001 (0,007)
accesibilidad salud	-0,006 (0,008)	-0,007 (0,009)	0,010 (0,031)	0,001 (0,004)	-0,002 (0,009)
escarpado	-0,001*** (0,0001)	-0,001*** (0,0002)	-0,004*** (0,0005)	-0,001*** (0,0001)	-0,001*** (0,0002)
parques	0,045** (0,018)	0,063*** (0,022)	0,113 (0,069)	0,022** (0,008)	0,037* (0,021)
tamaño del hogar	0,002 (0,002)	-0,030*** (0,003)	-0,001 (0,004)	0,004** (0,002)	0,006* (0,003)
edad	-0,001** (0,0002)	0,0002 (0,0004)	-0,001 (0,001)	0,0003 (0,0002)	-0,0004 (0,0004)
dependencia económica	-0,098*** (0,020)	-0,319*** (0,035)	-0,315*** (0,048)	-0,028 (0,019)	-0,032 (0,033)
tiempo en el barrio	-0,00001 (0,0001)	-0,0001 (0,0002)	0,0002 (0,0002)	0,0004*** (0,0001)	0,0003* (0,0002)
arrendatario	0,012** (0,005)	-0,007 (0,009)	0,038*** (0,013)	0,007 (0,005)	0,005 (0,009)
universitario	-0,001 (0,009)	-0,056*** (0,014)	0,068*** (0,024)	0,001 (0,009)	0,049*** (0,017)
ingreso	-0,001 (0,001)	0,014*** (0,002)	0,002 (0,002)	0,012*** (0,002)	0,003 (0,003)
formalidad laboral	0,004 (0,004)	0,044*** (0,007)	0,033*** (0,009)	0,007 (0,004)	0,018** (0,008)
negocio en vivienda	-0,011 (0,012)	0,027 (0,020)	0,024 (0,028)	-0,008 (0,011)	-0,024 (0,019)
Constante	0,545*** (0,020)	0,679*** (0,036)	0,127** (0,051)	1,314*** (0,027)	1,249*** (0,048)
Lambda	0,48***	0,17***	0,69***	-0,55***	-0,38***
Rho	-0,35***	0,04	-0,51***	0,65***	0,6***
Observaciones	2,712	2,712	2,712	2,712	2,712

Nota:

*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01

Conclusiones

El objetivo de este trabajo era examinar el efecto de la estructura urbana sobre la consolidación de la vivienda. Para esto, se consideró cuatro variables espaciales, dependencia, accesibilidad, escarpado e integración, con especial interés en esta última. Se estimó un modelo de panel con rezago y errores espaciales usando datos de la ciudad de Medellín de 2007 a 2018. Los resultados de esta estimación mostraron la existencia de un patrón de dependencia espacial importante que de no tener en cuenta generan un sesgo positivo en las estimaciones por variable omitida. También se observa que la accesibilidad laboral, educativa y en salud no afectan la calidad de la vivienda por fuera de su influencia

en resultados académicos y laborales. Además, los resultados confirmaron que una geografía escarpada representa un impedimento a la consolidación a la vez que el nivel de integración local de los barrios afecta positivamente su grado de consolidación. Estos resultados se mantienen ante diferentes especificaciones del modelo panel.

Algunas recomendaciones de política pública incluyen la intervención de las vías dentro de los asentamientos informales y sus alrededores con la intención de conectar calles sin salida, la construcción de nuevas vías que mejoren la conexión entre vías principales y la mejora de las existentes alineando el trazado en lo posible. Sin embargo, se reconoce que intervenciones ambiciosas requerirían el redesarrollo de zonas amplias de la ciudad, una política impopular, costosas y poco efectiva para el tratamiento adecuado de los asentamientos informales. Por tanto, reconociendo que las mayores posibilidades de mejora en la forma de las vías esta en los inicios de la formación de los barrios, se recomienda una política de monitoreo constante ante nuevos asentamientos y un tratamiento proactivo en sus etapas iniciales.

Las limitaciones de este ejercicio están relacionadas a la falta de información detallada y la naturaleza propia de las variables que limitan el uso de otras metodologías. Por un lado, se carece de información de toda el área metropolitana del Valle de Aburra, por lo que se omiten barrios que pertenecer al mismo sistema urbano de Medellín, pero están ubicados en otros municipios. A esto se suma el nivel espacial de la información, los barrios, tienen fronteras administrativas discrecionales, el problema de la unidad modificable. La solución sería información a un nivel mas bajo como la manzana, pero solo el censo posee este nivel de detalle. Por otro lado, no se tiene información histórica de las vías que permita realizar el calculo año a año. En todo caso, la variable presentaría poca variación entre años lo que limita el uso de metodologías más aceptadas para realizar inferencia causal, principalmente efectos fijos.

Una posible extensión de este trabajo sería explorar los mecanismos causales entre integración y consolidación. Aunque la literatura propone varios relacionados a desarrollo comercial, la formación de capital social o la disminución de actividades criminales, estos no son examinados.

Referencias

Alcaldia de Medellin. (2005). Plan Especial de Ordenamiento de El Poblado.

Alcaldia de Medellin. (2010). Plan de desarrollo Comuna 14 – El Poblado.

Amoako, C., & Frimpong Boamah, E. (2016). Build as you earn and learn: informal urbanism and incremental housing financing in Kumasi, Ghana. *Journal of Housing and the Built Environment*, 32(3), 429–448. doi:10.1007/s10901-016-9519-0

- Andersson, F., Haltiwanger, J., Kutzbach, M., Pollakowski, H., & Weinberg, D. (2018). Job Displacement and the Duration of Joblessness: The Role of Spatial Mismatch. *The Review of Economics and Statistics*, 100 (2), 203–218.
- Anselin, L., & Lozano-Gracia, N. (2009). Spatial Hedonic Models. En Mills, T., & Patterson, K. *Palgrave Handbook of Econometrics Volume 2: Applied Econometrics*, (pp. 1213–1250), Palgrave McMillan.
- Appadurai, A. (2001). Deep democracy: urban governmentality and the horizon of politics. *Environment and Urbanization*, 13(2), 23–43. doi:10.1177/095624780101300203
- Baltagi, B., Song, S.H., & Koh, W. (2003). Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of Econometrics*, 117, 126-150.
- Baltagi, B., Song, S.H., Jung, B.C., & Koh, W. (2007). Testing for serial correlation, spatial autocorrelation and random effects using panel data. *Journal of Econometrics*, 140, 5–51.
- Baltagi, B., Egger, P., & Pfaffermayr, M. (2012). A Generalized Spatial Panel Data Model with Random Effects. (CESIFO Working paper 3930). Munich: Center for Economic Studies and ifo Institute.
- Barthelemy, M. (2016). From paths to blocks: New measures for street patterns. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 0(0), 1–16
- Bird, K., Higgins, K., & Harris, D. (2010). *Spatial poverty traps*. (ODI Working Papers 321). Londres: Overseas Development Institute
- Burgess, R. (1982). Self-Help Housing Advocacy: A Curious Form of Radicalism. A Critique of the Work of John F.C. Turner. En Peter M. Ward. *Self-Help Housing: A Critique* (pp. 55-97), Mansell Publishing Limited.
- Can, I., & Heath, T. (2016). In-between spaces and social interaction: a morphological analysis of Izmir using space syntax. *Journal of Housing and the Built Environment volume 31*, 31–49.
- Davis, M. (2006). *Planet of Slums*. Londres: Verso.
- De Soto, H. (2000). *The Mystery of Capital: Why Capitalism Triumphs in the West and Fails Everywhere Else*. Nueva York: Basic Books.
- Doebele, W.A. (1978). Selected issues in urban land tenure. En Dunkerley, H.B. (Ed.). *Urban land policies: issues and opportunities*. (1ra ed., pp. 105 - 168). Washington, DC: Banco Mundial.
- Dovey, K. & King, R. (2011). *Forms of Informality: Morphology and Visibility of Informal Settlements*. *Built Environment*, 37(1), Informal Urbanism, 11-29. DOI:10.2148/benv.37.1.11

Dovey, K., van Oostrum, M., Chatterjee, I., & Shafique, T. (2020). Towards a morphogenesis of informal settlements. *Habitat International*, 104, doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102240

Eckstein, S. (2009). Poor people versus the state and capital: anatomy of a successful community mobilization for housing in Mexico City. *International Journal of Urban and Regional Research*, 14(2), 274 – 296.

Elhorst, J.P. (2014). *Spatial Econometrics: From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Nueva York: SpringerBriefs in Regional Science.

Galiani, S., & Schargrodsky, E. (2010). Property rights for the poor: Effects of land titling. *Journal of Public Economics*, 94(9-10), 700–729. doi:10.1016/j.jpubeco.2010.06.002

Gilbert, A. (2002). On the mystery of capital and the myths of Hernando de Soto: What difference does legal title make. *International Development Planning Review*, 24(1), 1-19. doi: 10.3828/idpr.24.1.1

Gilbert, A. (2014). Housing the urban poor. En Desai, V., & Potter, R. B. (Eds.). *The Companion to Development Studies*. (3ra ed., pp. 447 - 452). Londres: Routledge

Glass, A., Kenjegalieva, K., & Sickles, R. (2012). The Economic Case for the Spatial Error Model with an Application to State Vehicle Usage in the U.S.

Grant, U. (2010). *Spatial inequality and urban poverty traps*. (ODI Working Paper 326). Londres: Overseas Development Institute

Greene, M. (2003). Housing and community consolidation in informal settlements: a case of movement economy. Trabajo presentado en el 4th International Space Syntax Symposium, Londres.

Gobillon, L., Selod, H., & Zenou, Y. (2007). The Mechanisms of Spatial Mismatch. *Urban Studies*, 44(12), 2401– 2427. doi.org/10.1080/00420980701540937

Gobillon L., & Selod, H. (2021). Spatial Mismatch, Poverty, and Vulnerable Populations. En Fischer M.M., Nijkamp P. (eds) *Handbook of Regional Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60723-7_7

Harris, R. (2003). A double irony: the originality and influence of John F.C. Turner. *Habitat International*, 27(2), 245–269. doi:10.1016/s0197-3975(02)00048-6

Hillier, B. y Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hillier, B., Greene, M., & Desyllas, J. (2000). Self-generated Neighbourhoods: the role of urban form in the consolidation of informal settlements. *URBAN DESIGN International*, 5(2), 61–96. doi:10.1057/palgrave.udi.9000018

Hillier, B., & Shu, S. (1999). Do burglars understand defensible space. *Planning in London, Designing for Secure Spaces*, 29, 36-39.

Instituto de ingenieros del transporte. (2010). *Designing Walkable Urban Thoroughfates: A Context Sensitive Approach*. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers.

Jalal, J. & Ravallion, M. (1997). *Spatial Poverty Traps?*. (Policy Research Working Paper 1798). Washington, DC: Banco Mundial.

Jones, P. (2019). The Shaping of Form and Structure in Informal Settlements: A Case Study of Order and Rules in Lebak Siliwangi, Bandung, Indonesia. *Journal of Regional and City Planning*, 30(1), 43-61.

Kain, J. (1968). Housing segregation, negro employment, and metropolitan decentralization. *Quarterly Journal of Economics*, 82, 175–197.

Sevtuk, A., Kalvo, R., & Ekmekci, O. (2016). Pedestrian accessibility in grid layouts: The role of block, plot and street dimensions. *Urban Morphology* 20(2), 89-106.

Kapoor, M., Kelejian, H., & Prucha, I. (2007). Panel data models with spatially correlated error components. *Journal of Econometrics*, 140 (1), 97-130.

Kiddle, G. L. (2011). *Informal Settlers, Perceived Security of Tenure and Housing Consolidation: Case Studies for Urban Fiji* (Tesis doctoral). Recuperado de: <https://core.ac.uk/reader/41337250>

Klarqvist, B. (1993). *A Space Syntax Glossary*. Recuperado de: <https://arkitekturforskning.net/na/article/download/778/722>

Lima, J. J. (2001). Socio-spatial segregation and urban form: Belém at the end of the 1990s. *Geoforum*, 32(4), 493–507. doi:10.1016/s0016-7185(01)00019-7

Marx, B., Stoker, T., & Suri, T. (2013). The Economics of Slums in the Developing World. *Journal of Economic Perspectives*, 27(4), 187-210. doi: 10.1257/jep.27.4.187

McCartney, S. & Krishnamurthy, S. (2018). Neglected? Strengthening the Morphological Study of Informal Settlements. *SAGE Open*, 8(1), doi.org/10.1177/2158244018760375

Meganathan M. (2011). *Role of microfinance of urban women self help groups: a micro study*. *Journal of Banking Financial Services and Insurance Research*, 1(5), 116-129.

Mokhtarzadeh, S. Abbaszadegan, M., & Rismanchian, O. (2012). Analysis of the relation between spatial structure and the sustainable development level: A case study from Mashhad, Iran. Trabajo presentado en el 8th International Space Syntax Symposium, Santiago de Chile.

Mult, J., & Pfaffermayr, M. (2011). The Hausman test in a Cliff and Ord panel model. *Econometrics Journal*, 14, 48–76. doi: 10.1111/j.1368-423X.2010.00325.x

ONU-Habitat. (2011). *Enabling shelter strategies*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

ONU-Habitat. (2003). *The Challenge of Slums*. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

Opel, A. E. A. (2000). *The social content of labour markets in Dhaka slums*. *Journal of International Development*, 12(5), 735–750. doi:10.1002/1099-328(200007)12:5<735::aid-jid702>3.0.co;2-m

Ozbil, A., Peponis, J., & Stone, B. (2011). Understanding the link between street connectivity, land use and pedestrian flows. *Urban Design International*, 16(2), 125–141.

Wang, F., Antipova, A. , & Porta, S. (2011). Street centrality and land use intensity in Baton Rouge, Louisiana. *Journal of Transport Geography*, 19 (2), 285-293.

Wooldridge, J. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: The MIT Press

Shafei, K. (2007). Internal commercial streets and the consolidation of large informal neighbourhoods: the case of Zahedan, Iran. Trabajo presentado en el 6th International Space Syntax Symposium, Estambul.

Shatu, F., Yigitcanlar, T., & Bunker, J. (2019). Shortest path distance vs. least directional change: Empirical testing of space syntax and geographic theories concerning pedestrian route choice behaviour. *Journal of Transport Geography*, 74, 37-52.

Soja, E.W. (2010). *Seeking spatial justice*. Minneapolis: University of Minnesota.

Spence, M., Clarke, P., & Buckley, R. M. (2009). *Urbanization and Growth*. Washington, DC: World Bank.

Steadman, P. (2006). Why are most building rectangular? *Architectural Research Quarterly* 10(02), 119-130.

Swain, R. B., & Varghese, A. (2009). Does Self Help Group Participation Lead to Asset Creation?. *World Development*, 37(10), 1674–1682. doi:10.1016/j.worlddev.2009.03.006

Teklenburg, J. A. F. & van Wagenberg, A. F. (1993). Space syntax: standardised integration measures and some simulations. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20, 347-357.

Tipple, G. (2004). Settlement upgrading and home-based enterprises: discussions from empirical data. *Cities*, 21(5), 371–379. doi:10.1016/j.cities.2004.07.006

Turner, J. F. C. (1967). Barriers and channels for housing development in modernizing countries. *Journal of American Institute of Planners*, 32, 167–181. doi:10.1080/01944366708977912

Van Gelder, J. L. (2009). Legal Tenure Security, Perceived Tenure Security and Housing Improvement in Buenos Aires: An Attempt towards Integration. *International Journal of Urban and Regional Research*, 33(1), 126–146. doi:10.1111/j.1468-2427.2009.00833.x

Vaughan, L. (2007). The spatial syntax of urban segregation. *Progress in Planning*, 67(3), 205–294. doi:10.1016/j.progress.2007.03.001

Ward, P. M. (1976). The squatter settlement as slum or housing solution: evidence from Mexico City. *Land Economics*, 52(3), 330. doi:10.2307/3145530

Ward, P. M. (1978). Self-help housing in Mexico City: social and economic determinants of success. *The Town Planning Review*, 49(1), 38-50. doi: 10.3828/tpr.49.1.1082n913l320657g

Apéndice

Apéndice A. Cálculo de accesibilidad

La encuesta origen-destino divide el Valle de Aburrá por Zonas del Sistema Integrado de Transporte o Zona SIT. Para obtener la información a nivel barrio, computamos primero accesibilidad a nivel Zona SIT siguiendo la fórmula 2 (Figura 7), luego ponderamos estos valores por el porcentaje del área del barrio que corresponde a cada zona SIT. Así, si un barrio está dividido entre dos zonas SIT, el valor del barrio es una combinación lineal de la accesibilidad de ambas zonas. El porcentaje se obtiene realizando una intersección entre zonas SIT y barrios que, siguiendo la misma lógica de teoría de conjuntos, permite identificar qué áreas corresponden a ambas, efectivamente subdividiendo los barrios por áreas, a lo que le sigue un simple cálculo de cada área SIT dividido por el área total del barrio.



(a)

(b)



(c)

Figura 6: Accesibilidad por Zona SIT

Apéndice B. Cálculo de integración local

La variable integración local se calcula inicialmente a nivel vía teniendo en cuenta el sistema hasta 3 cambios direccionales. Usando el software especializado depthmapX, esto implica primero crear un mapa axial a partir del shape de vías y luego utilizar el análisis axial para calcular la variable. Con la variable ya calculada, se realiza una intersección entre los shapes de vías y de barrios, y se resume el valor por barrio como el promedio de la integración ponderado por el tamaño de la vía.

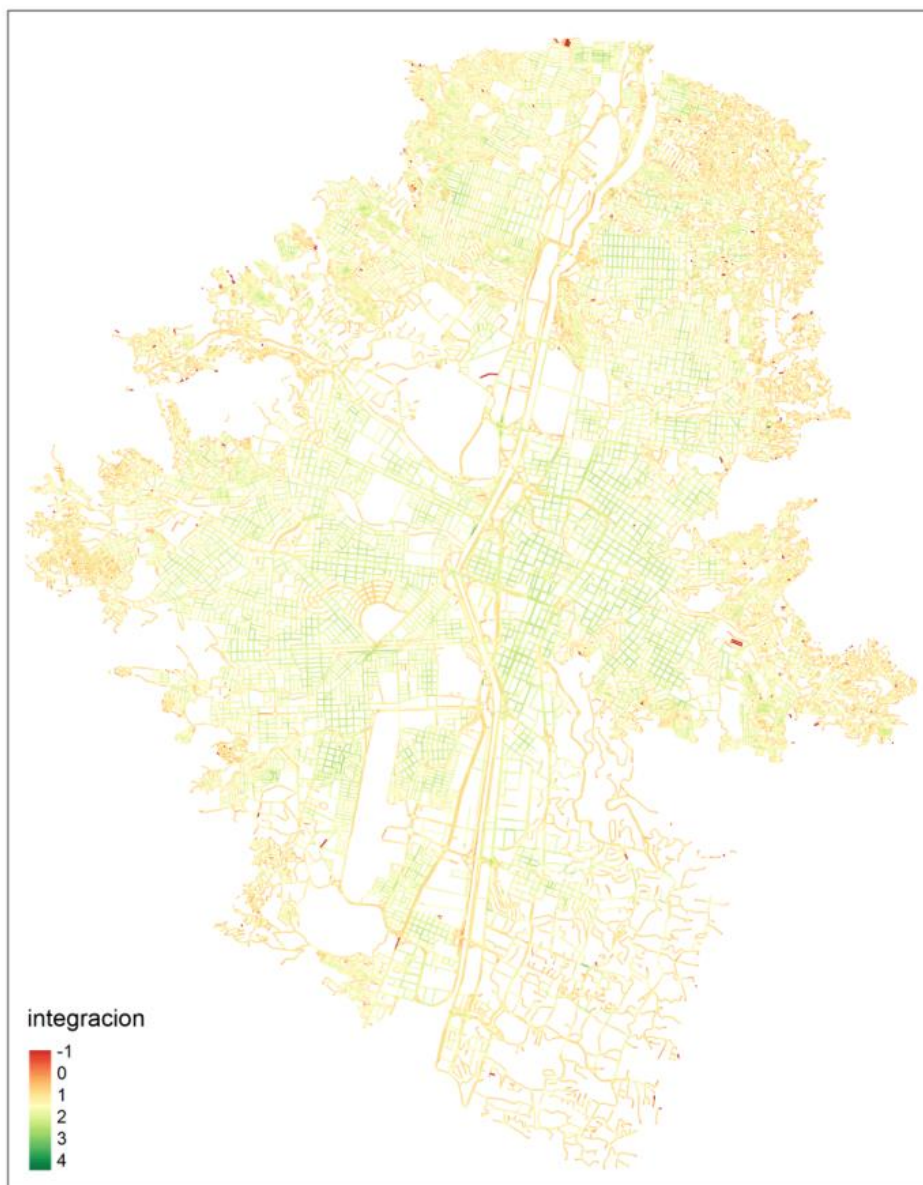


Figura 7: Integracion local de las vias

Apéndice C. Cálculo de escarpado y parques

Al igual que las anteriores operaciones espaciales, para calcular el escarpado y los parques se utiliza una intersección con los barrios, a partir de la cual podemos calcular el área del barrio que corresponde a estas características y luego dividirlo por el área total del barrio para obtener la variable.

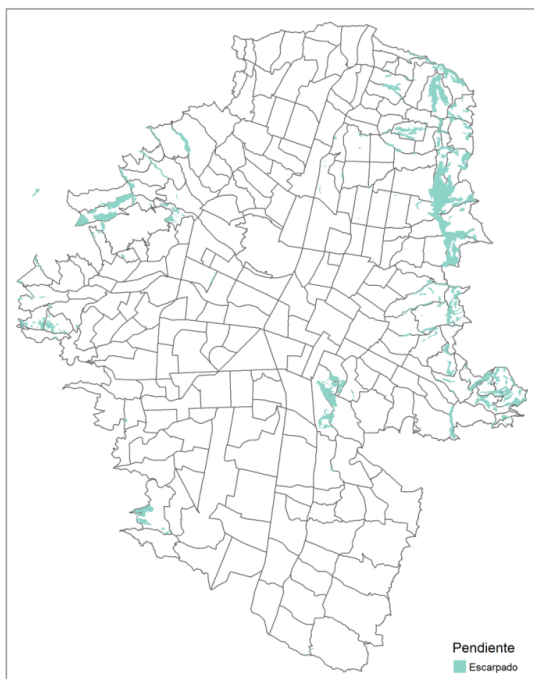


Figura 8: Escarpado

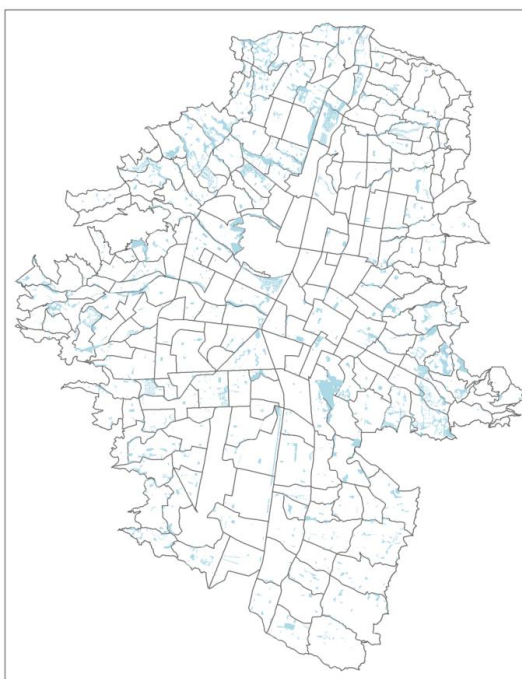


Figura 9: Parques y espacio público