



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DEFINICIÓN DE UN INDICADOR DE EQUIDAD
ESPACIAL PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN
A PARTIR DEL USO DE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

**DEVELOPMENT OF AN SPATIAL EQUITY
INDEX FOR MEDELLIN CITY, BASED ON
THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEMS.**

Angela Camila Acosta Gómez

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia

2020



Definición de un indicador de equidad espacial para la ciudad de Medellín a partir del uso de Sistemas de Información Geográfica.

Ángela Camila Acosta Gómez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática

Asesore:

Libardo Antonio Londoño Ciro, PhD

Línea de Investigación:

Sistemas de Información Geográfica

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.

Medellín, Colombia

2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
4. OBJETIVOS.....	12
4.1. Objetivo general.....	12
4.2. Objetivos específicos.....	12
5. METODOLOGÍA.....	13
5.1. Información base.....	13
5.2. Procesamiento.....	15
5.3. Transformación.....	17
5.4. Resultados.....	23
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
8. REFERENCIAS.....	44

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla 1 Dimensiones</u>	14
<u>Tabla 2 Métodos de estandarización</u>	18
<u>Tabla 3 Escala de comparaciones pareadas</u>	21
<u>Tabla 4 Tabla de atributos mapa comunas Medellín</u>	23
<u>Tabla 5 Valores normalizados tabla de atributos mapa comunas Medellín</u>	24
<u>Tabla 6 Tabla de preferencias para diferentes tipos de facilidades</u>	22

LISTA DE FIGURAS

<u>Ilustración 1 Mapa Indicador de salud normalizado para las comunas de Medellín.....</u>	26
<u>Ilustración 2 Mapa Indicador de Educación normalizado para las comunas de Medellín</u>	27
<u>Ilustración 3 Mapa Cultura normalizado para las comunas de Medellín.....</u>	29
<u>Ilustración 4 Mapa Apoyo Social para las comunas de Medellín.....</u>	31
<u>Ilustración 5 Mapa acceso a servicios básicos para las comunas de Medellín</u>	32
<u>Ilustración 6 Mapa condiciones de la vivienda para las comunas de Medellín.....</u>	33
<u>Ilustración 7 Mapa índice de equidad espacial para el Municipio de Medellín.....</u>	35
<u>Ilustración 1 Mapa índice de equidad espacial para el Municipio de Medellín.....</u>	32
<u>Ilustración 2 Índice Multidimensional de pobreza Medellín 2013.....</u>	34
<u>Ilustración 3 Indicador integrado de equidad espacial para las facilidades públicas en diferentes subdistritos de la ciudad de Bangladesh.....</u>	36

RESUMEN

El estudio del espacio, su distribución y condiciones resulta importante para la planeación de las ciudades, de sus equipamientos y de las sociedades que se construyen en los diferentes espacios que habitan, así como de la equidad que desde la infraestructura pública se posibilita. Desde la literatura los estudios al respecto se han dedicado a evaluar la equidad desde un tipo de equipamientos específicos, y adicional, en los que se han evaluado diferentes dimensiones, el indicador final resulta en una escala cuya interpretación no es tan clara; en ese sentido, el presente estudio busca evaluar la equidad espacial para la ciudad de Medellín, a través de la construcción de un indicador compuesto teniendo en cuenta 6 dimensiones; salud, educación, cultura, apoyo social, acceso a servicios básicos y condiciones de la vivienda, que, apoyada en métodos de análisis espacial y aplicando el método del container seguido de posteriores procesamientos matemáticos, permite realizar un diagnóstico de la distribución de los equipamientos en la ciudad y cómo estos generan zonas con condiciones de vida diferentes para cada dimensión y zonas estudiadas. El modelo se desarrolló usando los Sistemas de Información Geográfica desde el software ArcGIS, con las herramientas clip, spatial join, classification, polygon to raster y map algebra. Dentro de los hallazgos se tiene que en el espacio ubicado en la zona nororiental se encuentran las comunas que presentan mayor carencia en cuanto a equipamientos básicos para una vida digna, mientras que las zonas centro y sur se encuentran mejor equipadas.

Palabras clave: Spatial equity index, spatial analysis.

ABSTRACT

The public space study, its distribution, and conditions has been important in the planning of the cities, its facilities and and the societys which are builded in the interactions that the space grant. Most of the studies reviewd have worked on the topic only from one perspective, and the ones which have studied more tan one, have proposed an index which interpretation is not clear enough. In this way, this study looks for the spatial equity evaluation for the city of Medellin, trought the development of a composed index of 6 dimensions; health, education. culture, social support, basic services access, and living conditions, which trought spatial techniques and then mathematical procedures allows to better make an evaluation of the facilities distribution in the city and how it let areas with better life conditions for each dimension and its combination.

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, en el que nacer en un lado de la tierra o en otro, en una región del país o en otra, en una zona de la ciudad o en otra, determinan de alguna manera las condiciones de vida de las personas, resulta importante evaluar los escenarios que aporten en el cambio de estas desigualdades. Uno de los acercamientos para tal fin se ha dado desde el estudio del espacio, desde el que se plantea el concepto de equidad espacial, que, según (Moreno Jimenez, Buzai, & Fuensalida Díaz, 2018) se define como la distribución de las oportunidades en el territorio y acceso espacialmente equilibrado a estas entre los distintos grupos socio-espaciales. En (Rabbi, Alam Mimx, & Nigar Neema, 2019), se plantea la equidad espacial desde dos categorías, equidad horizontal y equidad vertical, entendiendo la primera como la distribución equitativa del acceso a los beneficios entre los ciudadanos independientemente de su ubicación o condición socioeconómica, (Bennet, 1983), y la equidad espacial vertical que se define como una distribución equitativa de las instalaciones en el espacio en relación con la necesidad o demanda de la población, (Litman, 2002), es decir que en este último se busca un acceso de acuerdo a las necesidades generadas dadas unas diferencias existentes.

De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio se plantea un acercamiento a la medición de la equidad espacial en la ciudad de Medellín teniendo en cuenta las dimensiones de Salud, Educación, Cultura, Apoyo Social, Acceso a servicios Básicos y Condiciones de la vivienda, tomando como unidad espacial de análisis las comunas, lo anterior desde el uso de Sistemas de Información Geográfica a través del software ArcGIS y bajo la metodología de container, en la que se plantea que la cantidad de equipamientos o facilidades dispuestos en una determinada zona posibilitan la accesibilidad de la población a estos y, bajo el acceso medido en términos de cantidad, se considera que una zona está en una determinada condición de bienestar en relación a las demás.

Las etapas que se llevaron a cabo para la construcción del indicador fueron definición de las dimensiones, cuantificación de los equipamientos para cada comuna, normalización de las variables, rasterización de los shapes, aplicación del método de análisis jerárquico propuesto por (Saaty, 1990), y finalmente, combinación lineal de las dimensiones usando el álgebra de mapas.

Así, a continuación se encontrará un acercamiento teórico a los conceptos de equidad, tanto desde los indicadores aceptados a nivel mundial y con los que se compara el estado de equidad de los diferentes países, así como desde los conceptos relacionados desde el análisis del espacio; seguido a esto se presentan los objetivos, la metodología implementada y finalmente se encontrarán los resultados y conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

En (Moreno Jimenez, Buzai, & Fuensalida Díaz, 2018) se define la equidad espacial como la distribución de las oportunidades en el territorio y acceso espacialmente equilibrado a estas entre los distintos grupos socio-espaciales, por su parte, (Marcuse, 2008) y (Harvey, 1977), plantean que una buena ciudad debería permitir entre otros, sostener el desarrollo de los individuos que la habitan, el cual a su vez es dado con una justa distribución de bienes materiales, calidad de las interacciones y de las posibilidades de participación en las decisiones que los afectan, de lo contrario, una distribución desigual de los recursos sobre el territorio impide la realización del principio de igualdad asociado con el concepto de justicia.

De acuerdo a lo anterior, en escenarios ideales en los que se busca un crecimiento sostenible, el concepto de equidad espacial debería ser bajo el cual se planteen las políticas que dictan el desarrollo de las regiones; en Europa atendiendo a esto se aprobó en 1983 la Carta Europea de ordenación del territorio, dentro de la que se definieron los principios bajo los cuales rigió en adelante la planeación del mismo, es así que allí se planteó dentro de uno de sus objetivos la búsqueda por la mejora de la calidad de vida en el quehacer cotidiano de los ciudadanos, que comprende la vivienda, el trabajo, la cultura o el ocio, e incluso las relaciones de las comunidades humanas y el crecimiento del bienestar individual por la creación de empleos y de capacidades económicas, sociales y culturales que respondan a las aspiraciones de las personas y como comunidad en los distintos niveles aseguren, desde la elección de su localización, una utilización que facilite lo anterior.

En países desarrollados, cuyas ciudades han crecido bajo este principio, las diferencias en las posibilidades que tienen los ciudadanos no están tan marcadas por el entorno social, espacial y económico en que nace la persona, pues independientemente de esto, hay un acceso

equitativo a las necesidades o servicios básicos de la ciudad que permiten el desarrollo de los diferentes grupos socio-espaciales.

En el caso latinoamericano el crecimiento de las ciudades se ha dado de una manera más heterogénea, es así que en (Alvarez Rojas, 2013) se entiende a Santiago de Chile como una ciudad que desde una perspectiva, es considerada como ciudad globalizada, en (Fuentes, 2011), se destaca un avance importante en una serie de indicadores que se requiere satisfacer para lograr el calificativo de ciudad competitiva: “mayor integración económica a mercados internacionales, mejoramiento de la conectividad y de la infraestructura urbana, expansión del empleo, crecimiento del ingreso, aumento en la cobertura de salud, educación y vivienda, entre otros”; sin embargo, sigue habiendo zonas de la ciudad en las que se evidencia menor calidad de vivienda y entorno urbano, así como menor atractivo para la inversión. Frente a estas discrepancias, (Alvarez Rojas, 2013) en sus planteamientos da a entender que si bien efectivamente se ha dado un crecimiento y mejora en la competitividad de la ciudad, este no ha sido mayoritariamente con base a los conceptos de equidad, pues sugiere un crecimiento de ciertos territorios y habitantes específicos, así como un avance en la cobertura de salud, empleo, educación y vivienda pero no de la calidad demandada, lo que sigue permitiendo desigualdades en la calidad de vida de sus habitantes.

Por su parte, en (Bógus & Pasternak, 2018), se habla del crecimiento de São Paulo, señalando que en esta ciudad el modelo se sigue dando bajo las lógicas de núcleo-periferia, en el que se ve una marcada distancia geográfica y social entre las clases sociales, y es bajo esta distribución que se organiza el espacio en crecimiento. Según el mismo autor, este modelo de crecimiento se dio acompañado de una política de crecimiento de producción, que conllevó a atraer una considerable fuerza de trabajo, para la cual no se planeó una política de vivienda, transporte, e infraestructura, lo que llevó a esta población con menos capacidad económica a ubicarse en espacios con poca infraestructura, mientras que los mejores espacios seguían siendo y empezaban a ocuparse por aquellos con mejores condiciones.

Medellín es un caso particular; enmarcada en el contexto latinoamericano en el que la desigualdad ha sido una de las principales características, dicha ciudad ha tenido como principal desafío las consecuencias culturales y espaciales que implican haber sido una de las ciudades protagonistas de los problemas del narcotráfico, especialmente en los años 80, en los que las periferias de la ciudad dada su vulnerabilidad, eran dominadas por los carteles del narcotráfico que, aunque en menor dimensión en unos lugares que en otros, atravesaba y sigue atravesando a la ciudad en su totalidad. A pesar de este estigma ha habido en sus habitantes fuerzas mayores a esto con las que se ha adelantado un vasto camino en la construcción de una ciudad que evoluciona, que busca superar estas barreras y que desde sus espacios y políticas ha avanzado en la construcción de una ciudad más conectada, más sostenible y más competitiva. Es así, que como homenaje a su avance en la integración territorial, para el año 2014 Medellín fue elegida como la sede del VII Foro Urbano Mundial. En (Navarrete, 2014) se destaca el metrocable como medio para acceder a la ciudad desde lugares antes desconectados, así como la construcción de infraestructura pública para facilitar el acceso a espacios que permitan el desarrollo de grupos más alejados.

En (Torres Toro & Laínez Parra, 2015) , sin dejar de reconocer el avance que ha tenido la ciudad, se destacan también los problemas aún existentes, evidencian que en relación a las estructuras físicas, se presenta carencia de equipamientos principalmente de salud y cultura, equipamientos educativos en mal estado, deterioro de parques y zonas verdes, zonas verde de retiro de las quebradas ocupada y como focos de contaminación, sectores desarticulados a la malla vial, bajas coberturas del transporte de pasajeros, deficiencia en cobertura y capacidad de las infraestructuras de servicios públicos domiciliarios en los corregimientos, localización de vivienda en zonas de riesgo, y crecimiento informal de los asentamientos. Por otra parte, en (Duque Franco, 2015) en el que analizan entre otros aspectos los indicadores de Índice de calidad de vida (ICV) y el índice de Gini, encuentra que la diferencia en la proporción de la inversión realizada por el municipio en las comunas, los menores y mayores valores para el ICV, no corresponde a la proporción de sus diferencias percibidas desde estos indicadores.

Desde la EDU, que es la Empresa de Desarrollo Urbano en Medellín, en (Navarrete, Angel, & Donovan, 2014) se hace un análisis de los procesos que se han gestado en la ciudad para lograr un avance en la equidad territorial de la ciudad, y que permiten percibirla como un modelo de ciudad exitoso en América Latina, se menciona la necesidad de los indicadores cuantitativos y cualitativos confiables que permitan definir prioridades a los gobiernos locales. En el mismo estudio se hace el análisis del estado de equidad territorial de la ciudad y el avance en los últimos años basados principalmente en el coeficiente de GINI así como en el Índice Multidimensional de pobreza, siendo el primero usado principalmente para medir la desigualdad salarial, en este con una sola variable relacionada al ingreso se define quién es pobre y quién no, (Ceriani & Verme, 2012); mientras que el segundo, desde una perspectiva más amplia y desde la percepción de los ciudadanos permite ver el estado de privación de los servicios que se consideran básicos para el desarrollo humano.

A continuación, se describen algunos conceptos relacionados a la equidad tanto desde la perspectiva del espacio como desde los indicadores que a nivel mundial se han definido para tal fin.

Disponibilidad conveniente: La disponibilidad conveniente en términos espaciales, de infraestructura pública y servicios que determinan la calidad de vida a los habitantes de un lugar, hacen parte de los factores que miden los diferentes organismos interesados en el tema cuando buscan evaluar desigualdades y desequilibrios territoriales e intraurbanos. En una agrupación de estos indicadores se encuentra la distancia a las dotaciones (Ministerio de Fomento, 2004), dentro de las que se encuentran centros de salud, educación, centros culturales y principales centros de trabajo. Para cada una de estas dotaciones existe una distancia ideal definida; el grupo de expertos en medio ambiente urbano de la unión europea (2001), sugirió 300m para los servicios básicos, por otro lado en (Moreno Jimenez, Buzai, &

Fuensalida Díaz, 2018) se propone 1 km, mientras que en (De Pietri, Dietrich, Mayo, Carcagno, & Titto, 2013) se sugiere para el caso especial de centros de Atención Médica, evaluar también la red de transporte público que los conecta.

Proximidad espacial: La proximidad espacial entre las personas, es otro de los indicadores utilizados para la valoración de equidad del espacio, este fue agregado por las Naciones Unidas en (1998) como uno de los medidores de desarrollo sostenible, además en (Salom Paina, 2011) se destaca también la pertinencia de tal indicador, en (Moreno Jimenez, Buzai, & Fuensalida Díaz, 2018) se plantea mostrarlo en 2 niveles de agregación espacial; una por unidades espaciales cuadradas o pixeles de 200 metros de resolución y dos, por distritos municipales que en el caso local se aplicaría desde las comunas, para esto se requeriría la capa raster con la densidad focal de población, capa vectorial de las comunas, capa raster con el área ocupada por el municipio de Medellín, y la respectiva tabla de datos.

Integración espacial: La integración espacial es según (Buzai, Baxendale, & Mierez, 2003) otro de los conceptos asociados al desarrollo, en él se manifiesta la necesidad de medir el nivel de conectividad que existe entre los diferentes centros poblados, esta se mide a través de una matriz de interacciones en la que se muestra las unidades de flujo que aporta un espacio geográfico a otro, en este caso podría ser una comuna a otra; los valores dentro de la matriz están dados por la Ecuación 1:

$$F_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d_{ij}} \quad (1)$$

Donde P son las poblaciones de cada unidad espacial de estudio, d la distancia entre ellas, y k es un parámetro adimensional de ajuste.

Dentro de las diferentes cartografías para representar los niveles de desigualdad se encuentran los mapas de coropletas, que se usan para la representación de fenómenos discretos asociados a unidades de enumeración (provincias, países...), a las que se aplican símbolos superficiales de acuerdo con su valor, por otro lado, respecto al estadístico que muestre las desigualdades espaciales en momentos distintos, en (Moreno Jimenez, Buzai, & Fuensalida Díaz, 2018) se recomienda la representación cartográfica con índices de desviación típica.

Sumando a los aportes respecto a indicadores que permitan conocer el estado de desarrollo de un espacio, el Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural planteó unas dimensiones para el desarrollo que permiten evidenciar brechas territoriales; estas dimensiones planteadas son: Salud, Educación, Dinamismo Económico y Empleo, Ingresos/Pobreza, Seguridad Ciudadana e Igualdad de Género.

A continuación, se mencionarán los principales indicadores usados para medir la equidad y sus respectivas dimensiones asociadas en cada uno.

Índice de pobreza humana, (IPH), presentado por las Naciones Unidas, (ONU), en (Anand & Sen, 1993), en este se busca medir las privaciones de necesidades básicas desde 3 dimensiones; vida larga y saludable percibida principalmente desde el acceso a agua potable y un el peso adecuado de la niñez; educación, manifestada en la tasa de analfabetismo, y nivel de vida digno, medido por los ingresos, específicamente se toma el % de población con ingresos por debajo del umbral; la unidad de medida para este indicador son los miembros de la familia en los indicadores definidos, y su escala es de 0 a 100, entre mayor sea el valor, se entiende un mayor nivel de privación. (Chakravarty & Majumder, 2005).

Índice de Desarrollo Humano, también planteado por la ONU desde su Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), como se describe en (Veres, 2006), este indicador busca medir el estado de satisfacción de las personas desde 3 dimensiones; longevidad, medida en función de la esperanza de vida al nacer, nivel educacional, medido en función de una combinación de la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta de matriculación combinada, primaria, secundaria y terciaria, y finalmente nivel de vida decente, medida por el PIB per cápita. La escala de medición es de 0 a 1 y se interpreta como mejores condiciones de desarrollo humano países con valores más cercanos a 1.

Índice de oportunidades humanas, propuesto por el Banco Mundial en (Paes de Barros, Ferreira, Molinas, & Saavedra, 2008), a diferencia del Índice de Desarrollo humano usado por las Naciones Unidas para evaluar qué tan bien le fue a los adultos, el Índice de Oportunidades Humanas, busca medir las probabilidades que tienen los niños de que les vaya bien, evaluando qué tan equitativos están distribuidos los servicios básicos desde 5 variables así, acceso a la educación, medida en la probabilidad de un niño completar el sexto grado en el tiempo debido y asistencia a la escuela entre los 10 y 14 años, acceso a agua, acceso a electricidad y acceso a saneamiento. El indicador es contemplado como la probabilidad promedio de que un niño tenga acceso a los servicios básicos definidos.

Índice multidimensional de pobreza humana, en busca de proveer una perspectiva más amplia para la medición de la pobreza más allá de las limitaciones de la dimensión monetaria planteada en el índice de pobreza humana; en (Alkimer & Foster, 2011) se propone el Índice Multidimensional de Pobreza, (IMP), que adicional a definir una metodología que busca llenar vacíos de propuestas anteriores, sugiere evaluar la pobreza desde las dimensiones de condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, trabajo, salud y acceso a servicios públicos, y condiciones de la vivienda. Para Colombia esta metodología se tomó dese el departamento de planeación como se muestra en (Angulo Salazar, Diaz Cuervo, & Pardo Pinzón, 2011) y ha sido hasta ahora uno de los indicadores que se han usado en el planteamiento de los planes de desarrollo desde la perspectiva de la disminución de

brechas de pobreza tanto a nivel nacional como departamental, como se muestra en (Navarrete, Angel, & Donovan, 2014), en el que se presenta el análisis de tal indicador para la evaluación de la efectividad de los planes de equidad territorial en la ciudad de Medellín realizados por la Empresa de Desarrollo Urbano.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde una perspectiva teórica se encuentra suficiente discusión, reflexión y definición de la justicia o equidad espacial y de la importancia de ésta en la intermediación para el logro de sociedades más sostenibles y justas; al respecto los autores coinciden en que la salud, la educación, el acceso a servicios básicos de sanidad y de conexión, así como el acceso a medios de transporte que permitan suficiente conectividad urbana, espacios de ocio y cultura que permitan las interacciones y la organización social para la participación democrática y construcción comunitaria son factores que determinan la equidad espacial; a su vez, se menciona en (Duque Franco, 2015), (Torres Toro & Laínez Parra, 2015), el Índice de Calidad, (ICV) el Índice de Gini, el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Oportunidades Humanas, y el Índice Multidimensional de Pobreza como los principales indicadores que permiten evaluar el estado bienestar en el que se encuentra un país, región, ciudad o territorio determinado, y que ha sido este último el principalmente usado para realizar una evaluación del estado de equidad de los países y las ciudades.

Sin embargo, a pesar del amplio uso de estos indicadores, estos no se evalúan específicamente desde la perspectiva de uso del espacio, sino que los sistemas SIG han sido usados para fines de espacializar los indicadores ya calculados con información generada desde el uso de encuestas, pero no para evaluar el estado de equidad espacial de las ciudades desde la evaluación de la disposición de los diferentes servicios y bienes públicos que busquen generar presencia en los grupos socio-espaciales para mejorar su estado de bienestar.

Adicional en (Navarrete Heredia, Angel Bernal, & Donovan, 2014) se menciona la necesidad de indicadores cuantitativos y confiables que permitan a las entidades responsables de la administración del territorio criterios objetivos para la actuación referente a la disminución de las brechas sociales. En este sentido se encuentra un vacío en traducir estos indicadores con los que se mide la equidad y que son aceptados a nivel mundial a un cálculo desde una perspectiva de las facilidades espaciales que se disponen desde las entidades gubernamentales, es decir, cuantificar estos indicadores desde la evidencia en cuanto a la infraestructura disponible.

En la literatura revisada se encuentra el análisis de la situación de la ciudad desde indicadores contruidos a partir de encuestas, es decir, desde la percepción de los ciudadanos, sin embargo, para aportar en la construcción de una mirada más objetiva, no se encuentra un análisis de las condiciones de equidad de la ciudad desde la infraestructura dispuesta, en otras palabras, desde lo evidente en el espacio, en este sentido se plantea como objetivo usar las herramientas de análisis espacial para, complementar esta mirada y construir un indicador multidimensional que hable de la equidad espacial de la ciudad de Medellín.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Desarrollar un indicador que permita conocer el estado de equidad espacial de las diferentes unidades y grupos socio-espaciales en la ciudad de Medellín.

4.2. Objetivos específicos

- Definir cada una de las facilidades o instalaciones cuya disponibilidad y cobertura serán evaluadas en cada unidad de análisis.
- Definir la metodología de cálculo del indicador de equidad espacial
- Identificar las zonas con mayor desventaja espacial en la ciudad de Medellín.

5. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta el flujo metodológico aplicado para llegar al indicador propuesto.

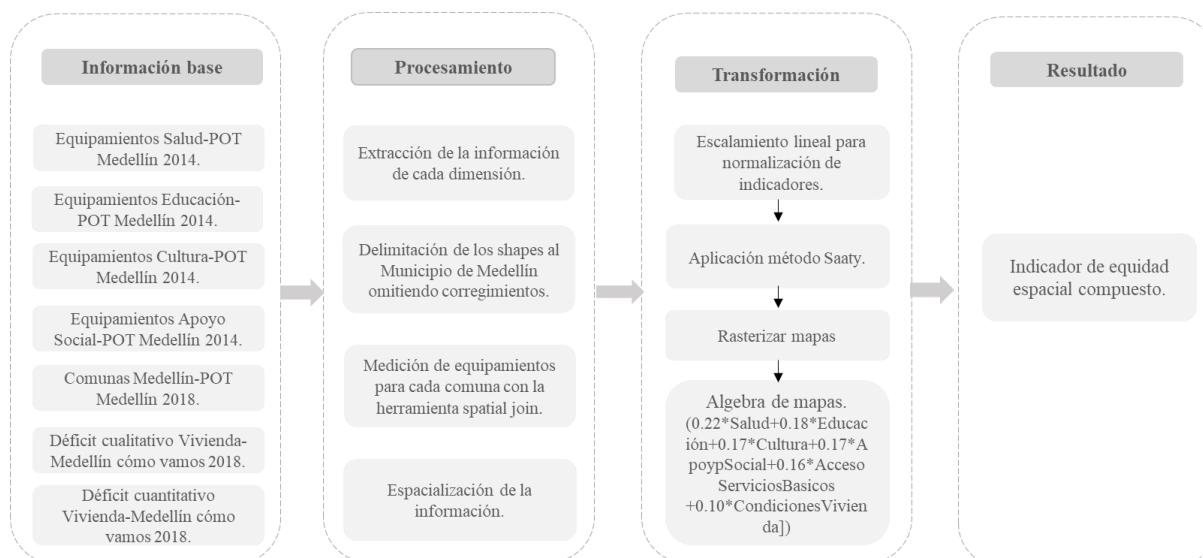


Ilustración 4 Flujo metodología aplicada para construcción del indicador de equidad espacial de la ciudad de Medellín

5.1. Información base

De acuerdo a la revisión de los diferentes indicadores expuesta en el marco teórico, en general son coincidentes en la importancia de las dimensiones de **salud, acceso a servicios básicos de saneamiento y condiciones de la vivienda, acceso a educación, cultura, y apoyo social**, para definir un estado de bienestar y de equidad de los ciudadanos; en ese sentido y teniendo en cuenta que estas dimensiones son consideradas también en el Índice Multidimensional de pobreza que es con el que actualmente se mide el avance en la disminución de las brechas sociales en la ciudad de Medellín que será la estudiada en el presente documento, se toman estas como las dimensiones a considerar en el indicador a desarrollar, en la Tabla 1 se presentan tales dimensiones con su respectiva variable de medición y fuente desde donde se tomó la información.

Tabla 1 Dimensiones

Dimensión	Variable	Fuente
Salud	Equipamentos salud	Equipamientos portal Geomedellín
Educación	Equipamentos educación	Equipamientos portal Geomedellín
Cultura	Equipamentos cultura	Equipamientos portal Geomedellín
Cuidado de la primera infancia	Equipamentos cuidado de la primera infancia	Equipamientos portal Geomedellín
Acceso a servicios básicos	Déficit cualitativo de vivienda	Informe de calidad de vida Medellín 2018
Condiciones de la vivienda	Déficit cuantitativo de vivienda	Informe de calidad de vida Medellín 2018

Dado que el objetivo hace referencia a la construcción de un indicador compuesto, y que de acuerdo a la revisión bibliográfica se encontró que, como se muestra en la Tabla 1, las dimensiones a tener en cuenta son Salud, Educación, Cultura, Apoyo Social, Acceso a Servicios Básicos y Condiciones de la vivienda, la información base para realizar los análisis fue tomada del portal geomedellín, en donde se encuentra la geodatabase del Plan de Ordenamiento Territorial del año 2014. De allí se tomaron los shapes con los equipamientos, en los que se encontró una clasificación de componente, y de acuerdo a esta, se exportaron los correspondientes a cada dimensión elegida. De esta misma geodatabase se tomó la división de las comunas, y del subsistema de servicios públicos. Por otro lado, de (Restrepo, Meneses Hoyos, Garay Molina, & Gonzalez, 2018) se tomaron los índices del déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda.

Respecto a la información de cada dimensión se tiene que para Salud los equipamientos hacen referencia a hospitales y clínicas de la ciudad, para las que se indican si son de orden local, de ciudad, corregimental o regional. En el shp de educación se encuentran tanto los colegios, como las universidades e institutos de educación superior. Para la dimensión de

Cultura en el shp se encuentran las escuelas de música, los teatros, museos, casas de cultura, las ludotecas, bibliotecas entre otros. Respecto al shp de apoyo social se encuentran los hogares infantiles, las casas juveniles, sedes de adulttos mayores y otros centros sociales. Finalmente, para el índice de déficit cualitativo y cuantitativo de vievienda, cuantitatvo de vivienda, no indican el primero evalúa la cantidad de hogares que se encuentran sin acceso a cada uno de los servicios básicos domiciliarios, como acueducto, alcantarillado, energía, gas, y aseo, este índice también tiene en cuenta las viviendas que presentan necesidad de mejora en sus materiales y en su ampliación para reducir niveles de hacinamiento, mientras que el segundo evalúa la cantidad de viviendas que se requieren porque las existentes o presentan un índice de hacinamiento muy alto y no se pueden modificar, o los materiales son tan precarios que la vivienda no es lo suficientemente digna para ser habitada.

5.2. Procesamiento

Para los shapes mencionados se exportó la información correspondiente al municipio de Medellín, omitiendo sus corregimientos.

Respecto a la Medición, para evaluar la disponibilidad de las facilidades espaciales según (Mashrur & Nigar Neema, 2015) mencionan 3 métodos, el primero, el método del container, en el que para evaluar el estado de equidad de una determinada zona, se cuenta el número de facilidades con las que esta zona cuenta, el segundo, es el método de interacción espacial, en el que se mide la distancia promedio a las facilidades, no está limitada a las facilidades de su zona sino que tiene en cuenta las facilidades del espacio; y el tercero, método de interacción espacial basado en la gravedad, en este se tienen en cuenta tanto el número de facilidades como la distancia a estas y la fórmula para su cálculo es la Ecuación 2.

$$A_i = \sum_j \left(\frac{S_j}{d_{ij}^B} \right) \quad (2)$$

Donde A_i es la accesibilidad espacial a las facilidades para una población que vive en una zona i , medida en términos de unidades disponibles en relación a una distancia, esta última puede estar en unidades de km, millas, m., dependiendo de la preferencia para el análisis.

S_j es la facilidad ubicada en la zona j , cuya medida en la suma es unidades disponibles.

d_{ij} es la impedancia de viaje o distancia de la zona i a la zona j , medida en unidades de distancia, km, m, millas.

B es el coeficiente de impedancia gravitacional, o impedancia de viajar creada por la distancia, cuya medida es adimensional.

Dado que unas de las dimensiones son el acceso a servicios básicos y las condiciones de la vivienda, y que para estas no resulta aplicable el método de interacción espacial basado en la distancia, así como tampoco el método de interacción espacial basado en la gravedad, se elija usar como método de medición el de container.

Teniendo en cuenta el método elegido, y que la equidad es un concepto multidimensional, el indicador se plantea como un indicador compuesto, es decir, que tiene diferentes dimensiones. En (Schuschny & Soto, 2009) se define un indicador compuesto como una representación cuantitativa simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional).

Para realizar el conteo de cada variable, sugerido por el método del container, se usó la herramienta join espacial desde el shape de comunas hacia cada uno de los shapes de las facilidades, obteniendo la agregación del total de facilidades relacionadas a las dimensiones de educación, salud, cultura, y apoyo social; para las dimensiones acceso a servicios básicos y condiciones de la vivienda, en la primera se tomó el índice del déficit cualitativo de vivienda, que mide el acceso a los servicios de acueducto, alcantarillado, energía, y aseo, así como el material y el hacinamiento mitigable, mientras que para las condiciones de la

vivienda se tomó el déficit cuantitativo, en el que se tienen en cuenta las viviendas con hacinamiento no mitigable, así como las construidas con materiales deficientes, que no basta con cambiarlos sino que se necesita la construcción de nuevas viviendas, para estos últimos la información fue tomada del Informe de calidad de vida Medellín 2018 (Restrepo, Meneses Hoyos, Garay Molina, & Gonzalez, 2018).

5.3. Transformación

Normalización de las variables: Dado que se tomaron indicadores que tienen diferentes rangos, la estandarización o normalización hace referencia al proceso de llevar todos estos indicadores a una misma escala numérica y eliminar las unidades de medida.

Respecto a las técnicas de estandarización (Boovsen, 2002) sugiere tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ La robustez, que hace referencia a que la estandarización se vea poco afectada por los valores atípicos.
- ✓ El cumplimiento de la propiedad de invariancia, es decir, que sea invariante respecto a un cambio de origen y/o de escala en las unidades en que vengán expresados los valores de los componentes.
- ✓ La capacidad de permitir el análisis de series temporales o que permita ver evolución en el tiempo del indicador.
- ✓ El grado de conservación de la variabilidad original, se refiere a que la variabilidad original intra e inter-indicadores no se verá afectada a través del proceso de estandarización, y su magnitud dependerá no sólo de la fórmula que se utilice sino

también de los parámetros que se fijan en la misma. (desviación, mínimos, máximos).

- ✓ La posibilidad de atender a la categorización ordinal de los valores de los índices parciales, es decir, que a todos los índices de acuerdo con el valor que tomen se les pueda asignar una categorización y que signifiquen lo mismo para todas las dimensiones.

En la matriz de la Tabla 2 se resumen los principales métodos de estandarización, con sus ventajas y desventajas y se presenta su respectiva fórmula.

Tabla 2 Métodos de estandarización

Método de estandarización	Invarianza	Robustez	Análisis de series temporales	Variabilidad original	Categorías ordinales equiparables	Fórmula
Recuento de borda	SI	SI	NO	NO	NO	Se ordenan los valores y se le da un porcentaje basado en la posición relativa ordinal de uno frente al otro
Estandarización a un valor de referencia o año base	NO	NO	SI	SI	NO	$X_t = X_0 / X_t$
Ratio o proporción respecto a la media	NO	NO	NO	SI	NO	X_i / μ
Estandarización normal	SI	SI	NO	NO	NO	$Z_i = Z_i - \mu / \sigma$
Distancia relativa	SI	SI	NO	NO	NO	$D_i = X_i - X / \sigma$
Técnica de escalamiento lineal	SI	SI	SI	SI	NO	$X = ((X_i - X_{\min})) / ((X_{\max} - X_{\min}))$ para relaciones inversas: $X = ((X_{\max} - X_i)) / ((X_{\max} - X_{\min}))$

Fuente: (Di Pascuale & Balsa, 2017)

Dentro de los métodos anteriores aquel que cuenta con un mejor comportamiento en las características que sugieren los autores, es la técnica de escalamiento lineal, (LST), cuya fórmula se muestra en la Ecuación 3, luego de aplicar estas fórmulas, las variables quedan adimensionales, es decir, sin unidades.

Cuando el sentido de mejora del indicador es aumentar:

$$x = \frac{-(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} \quad (3)$$

Cuando el sentido de mejora del indicador es disminuir:

$$x = \frac{(X_{\max} - X_i)}{(X_{\max} - X_{\min})}$$

De la ecuación anterior se nota que lo que hace el método de escalamiento lineal, es buscar normalizar el valor del indicador en el rango de 0 a 1, su fórmula depende del sentido de mejora del indicador para garantizar que una vez normalizado, 1 sea el mejor valor posible.

Para el caso en estudio, en la normalización se tomaron como valor máximo y mínimo el valor máximo y mínimo de cada variable teniendo en cuenta todas las comunas; así, el valor ideal de comparación en cada dimensión sería el de la comuna que mejores condiciones presente para cada una de las variables que representan cada dimensión.

Aplicación del proceso de Análisis Jerárquico:

El proceso de análisis jerárquico propuesto por (Saaty, 1990), se encuentra dentro de los métodos de agregación, a continuación se explican los tipos.

- Agregaciones simples: Para este tipo de agregación las unidades de medida de los indicadores a agregar deben ser la misma. Se asigna el mismo peso a cada subindicador y luego se agregan mediante una suma. Los métodos para las agregaciones simples son agregaciones lineales y agregaciones geométricas.
- Métodos participativos: Consiste en usar como criterio de decisión la opinión subjetiva de un grupo de personas seleccionado. Dentro de los métodos participativos los principales son, el panel de expertos, el proceso de análisis jerárquico y el método de opinión pública, ambos procedimientos funcionan de la misma manera, siendo su principal diferencia las personas que emiten el juicio. En ellos, la asignación de los valores de las ponderaciones se basa en las opiniones subjetivas mostradas por el conjunto de individuos que se toma de referencia: un panel de expertos o bien la comunidad social sobre la que plantea el estudio.

Para los métodos participativos dado el público que involucra cada uno, el método de opinión pública queda descartado, pues se buscaban evaluaciones de personas que tuvieran más herramientas de decisión y por ende control de quienes respondieran. Respecto al panel de expertos y proceso de análisis jerárquico en la bibliografía evaluada de construcción de indicadores compuestos, los autores que usan métodos participativos para la agregación, como (Asif & Searcy, 2014), (Saddegh, 2014), (Sadegh Pakkar, 2016) usan el proceso de análisis jerárquico, además dados los procedimientos de cada uno, se considera que éste es más robusto.

Por las razones descritas, se elige el proceso de análisis jerárquico (AHP) propuesto por (Saaty, 1990).

A continuación, se describe en términos generales el paso a paso para realizar el proceso de análisis jerárquico propuesto por (Saaty, 1990).

- i. Jerarquizar el problema: para jerarquizar el problema se requiere definir los criterios que los jueces deberán tener en cuenta para tomar la decisión, y luego, definir las posibilidades dentro de las cuales se tiene que elegir.
- ii. Tomar escala de evaluación con la que se evaluarán las posibilidades, el autor propone la escala de evaluación que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 Escala de comparaciones pareados

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferido	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferido	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un componente frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un componente frente al otro
7	Muy fuertemente preferido	Un componente es favorecido muy fuertemente sobre el otro
9	Extremadamente preferido	Se favorece en más alta medida a un componente frente a otro

- iii. Para cada criterio realizar comparación pareada de las posibilidades sobre las que se debe elegir, es decir, comparar cada posibilidad frente a cada una de las otras para cada uno de los criterios.
- iv. Normalizar las matrices de comparación y hallar el vector de prioridad para cada criterio.
- v. Hallar el vector prioridad de los criterios.

- vi. Multiplicar la matriz de prioridad por el vector prioridad de los criterios, de esta operación se obtiene el vector prioridad de las alternativas que se convierte en la solución de la decisión a tomar.
- vii. Hallar el coeficiente de consistencia para las comparaciones pareadas realizadas por cada juez.

Luego de aplicar los pasos anteriores, se obtuvieron los siguientes valores de priorización expuestos en la tabla 4 para cada una de las dimensiones.

Tabla 4 Tabla de preferencias para diferentes tipos de facilidades

Dimensión	Valor
Salud	0,22
Educacion	0,18
Cultura	0,17
ApoyoSocial	0,17
ServiciosBasicos	0,16
Condiciones Vivienda	0,10
Total	1,00

Como se evidencia en la tabla 4, la dimensión que resultó ser más importante desde la perspectiva de los evaluadores fue salud, seguida de educación, cultura y apoyo social que obtuvieron el mismo puntaje, mientras que las evaluadas con menor importancia fueron el acceso a servicios básicos y finalmente las condiciones de la vivienda.

Rasterización: Una vez normalizados los datos y definidos los pesos de cada dimensión, se procedió a rasterizar los shapets de cada dimensión, a través de la herramienta polygon to raster.

Algebra de mapas: Luego de calcular cada uno de los pasos mencionados, usando el porcentaje asignado a cada una de las facilidades, el índice de equidad espacial para cada una

de las comunas de la ciudad de Medellín fue calculado usando la Ecuación 4 mediante la calculadora raster.

$$\begin{aligned} \text{Índice de equidad espacial} = & \\ & (0.22 * \text{Salud} + 0.18 * \text{Educación} + 0.17 * \text{Cultura} + 0.17 * \text{ApoyoSocial} + 0.16 * \text{AccesoServiciosBasicos} \\ & + 0.10 * \text{CondicionesVivienda}) \end{aligned} \quad (4)$$

Aplicada la fórmula anterior se obtuvo el puntaje de equidad espacial para cada una de las comunas de Medellín, dado que antes de la agregación se realizó el proceso de normalización, el indicador se expresa en términos porcentuales. A continuación se presentan los resultados de la distribución de equipamientos para cada dimensión y para la combinación de estas dimensiones en cada comuna.

5.4. Resultados

Para el presente estudio, GIS fue usado para cuantificar y analizar la distribución espacial de las facilidades públicas que son consideradas como esenciales, procesar la data y poder obtener el indicador.

A continuación, en la tabla 5 se presenta la tabla de atributos con la agregación de cada uno de los equipamientos para cada dimensión y para cada comuna.

Tabla 5 Tabla de atributos mapa comunas Medellín

FID	NOM_COM	NUM_COM	Cultura	Salud	Educación	ApoyoSocial	DQ_Vivienda	ServiciosBasicos
0	SAN JAVIER	13	3	3	32	22	2316	3911
1	DOCE DE OCTUBRE	6	9	5	40	23	2545	2301

2	LA CANDELARIA	10	21	17	52	20	620	1730
3	POPULAR	1	4	3	37	11	4613	5945
4	ROBLEDO	7	6	10	68	37	2016	3378
5	VILLA HERMOSA	8	4	5	49	17	3694	4621
6	BELEN	16	4	6	33	24	983	1256
7	EL POBLADO	14	5	10	24	13	42	852
8	LAURELES- ESTADIO	11	4	7	22	5	67	474
9	GUAYABAL	15	4	3	16	14	473	752
10	BUENOS AIRES	9	1	5	41	29	1253	2467
11	MANRIQUE	3	4	3	39	11	3956	4468
12	ARANJUEZ	4	8	5	41	17	3389	3139
13	SANTA CRUZ	2	2	3	20	13	2901	3080
14	CASTILLA	5	4	6	45	21	1027	1723
15	LA AMERICA	12	4	3	32	14	128	500

Como se nota en la tabla 5, los valores de cada variable se encuentran en rangos diferentes, adicional, las variables relacionadas al acceso a servicios básicos y condiciones de la vivienda presentan un sentido de mejora diferente a las demás, pues en este caso, entre mayor cantidad de viviendas se encuentren en déficit, menor condición de bienestar de vida se tiene, por lo que para hacer la combinación lineal de manera más correcta y facilitar su interpretación, se realizó la normalización de cada una de las variables a través de la técnica de escalamiento lineal, en la tabla 6 presentada a continuación, se muestran los valores obtenidos.

Tabla 6 Valores normalizados tabla de atributos mapa comunas Medellín

FID	NOM_COM	NUM_COM	Cultura	Salud	Educacion	ApoyoSocial	Servicios_Basicos	Def_Q_Vivienda
0	SAN JAVIER	13	0,1	0	0,31	0,53	0,624	0,67
1	DOCE DE OCTUBRE	6	0,4	0,14	0,46	0,56	0,745	0,614
2	LA CANDELARIA	10	1	1	0,69	0,47	0,932	0,932
3	POPULAR	1	0,15	0	0,4	0,19	0,383	0
4	ROBLEDO	7	0,25	0,5	1	1	0,497	0,551

5	VILLA HERMOSA	8	0,15	0,14	0,63	0,38	0,048	0,242
6	BELEN	16	0,15	0,21	0,33	0,59	0,732	0,84
7	EL POBLADO	14	0,2	0,5	0,15	0,25	1	1
8	LAURELES-ESTADIO	11	0,15	0,29	0,12	0	0,999	0,984
9	GUAYABAL	15	0,15	0	0	0,28	0,955	0,932
10	BUENOS AIRES	9	0	0,14	0,48	0,75	0,81	0,825
11	MANRIQUE	3	0,15	0	0,44	0,19	0	0,019
12	ARANJUEZ	4	0,35	0,14	0,48	0,38	0,615	0,425
13	SANTA CRUZ	2	0,05	0	0,8	0,25	0,589	0,542
14	CASTILLA	5	0,15	0,21	0,56	0,5	0,84	0,835
15	LA AMERICA	12	0,15	0	0,31	0,28	0,937	0,963

En la tabla 6, todos los valores se encuentran en el rango 0-1, siendo 1 el que indica la mejor condición para la variable. En esta tabla las comunas que presentan puntaje de 1 en alguna de las variables, indica que esta comuna es la que presenta mayor cantidad de equipamientos para esa variable en relación a las demás, así mismo, las comunas que presentan el valor cero en alguna de las variables, indica que esa comuna es la que presentó el menor número de facilidades o equipamientos frente a las demás comunas.

A continuación, se presentan los mapas individuales de cada dimensión tomando los valores normalizados, iniciando con la dimensión de salud, que se expone en la Ilustración 2.

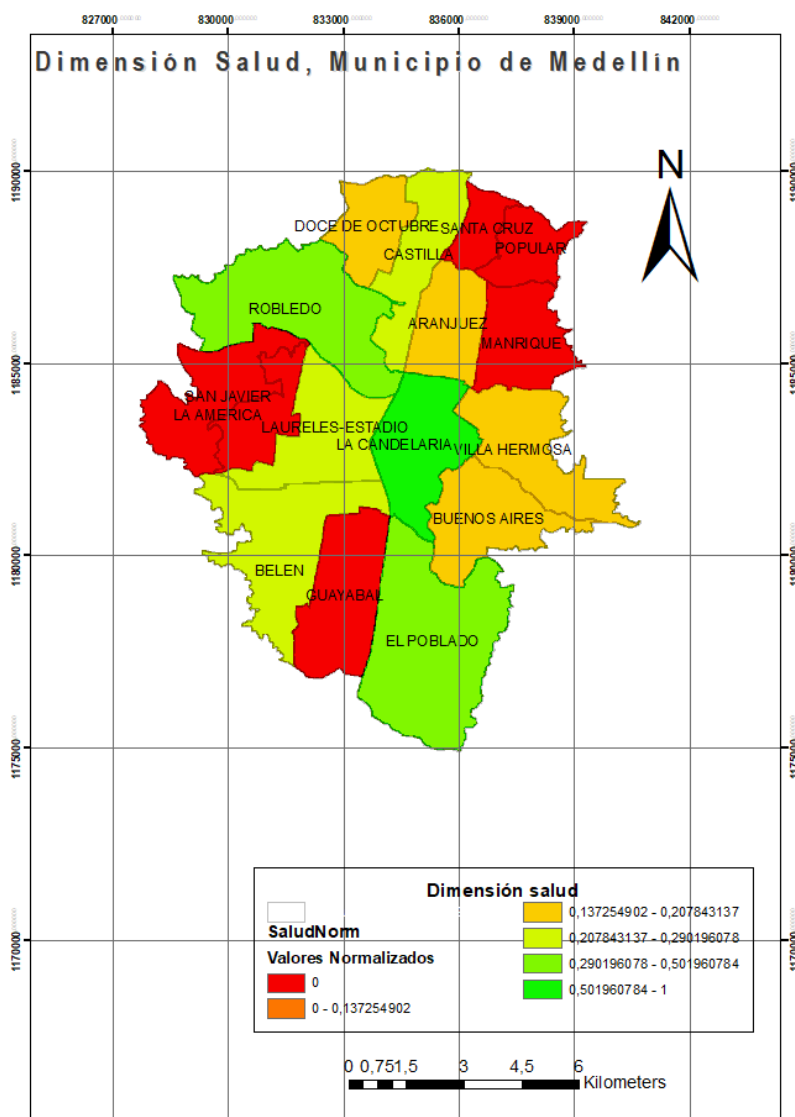


Ilustración 5 Mapa Indicador de salud normalizado para las comunas de Medellín

De acuerdo a la ilustración 2 se nota que las comunas con mayor cantidad de equipamientos de salud son, La Candelaria, Robledo y El Poblado, mientras que las que presentan mayor precariedad en la cantidad de instalaciones de este tipo en relación a las demás comunas son Guayabal, San Javier, La América, Manrique, Popular y Santa Cruz, que a la vez coincide con ser las que están más cercanas a la periferia de la ciudad. En los casos de Guayabal, San

Javier y La América a pesar de que cuentan con pocas instalaciones de salud, se encuentran cercanas a comunas que tienen mejor puntaje en esta dimensión, mientras que Manrique, Popular y Santa Cruz resultan ser casos más complicados, pues además de que no cuenta con instalaciones suficientes en su área, las comunas cercanas tampoco presentan un puntaje sobresaliente en instalaciones de salud.

Continuando con las demás dimensiones, en la ilustración 3 se presenta el indicador de Educación normalizado.

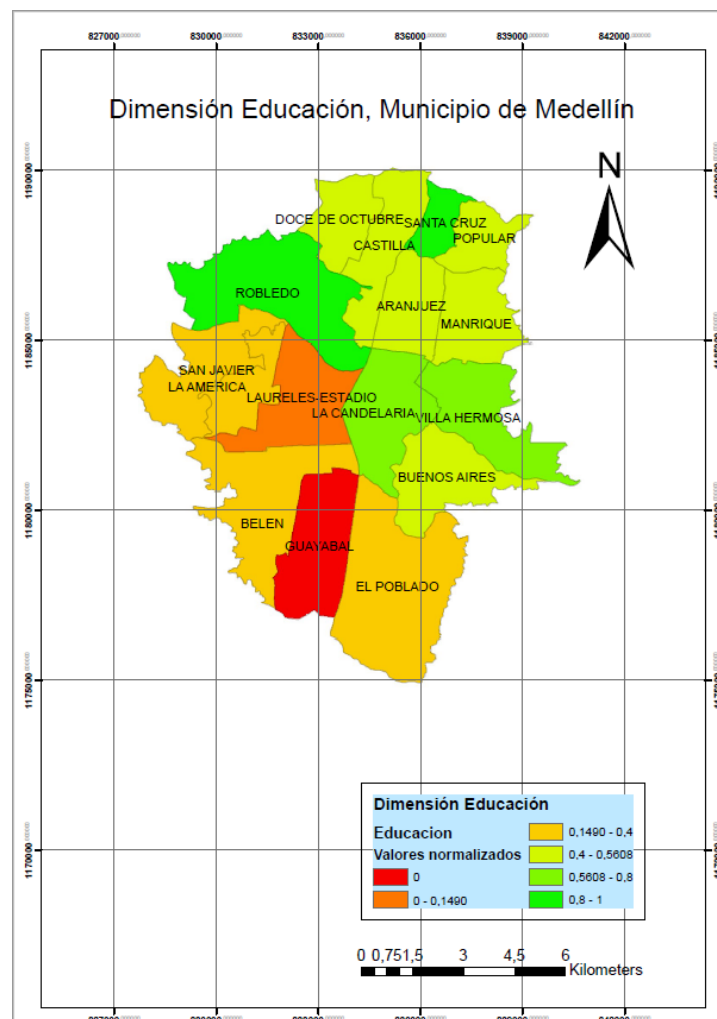


Ilustración 6 Mapa Indicador de Educación normalizado para las comunas de Medellín

De acuerdo a la ilustración anterior, no se nota una diferencia tan marcada entre las comunas, sin embargo, Guayabal y Laureles-Estadio de nuevo presentan precariedad en relación a las demás comunas, es importante aclarar que el valor 0 para el valor normalizado no indica que la comuna con dicho número presente 0 instalaciones para educación, luego de la normalización, el valor 0, lo que indica es que esa comuna presenta el valor mínimo en comparación a las demás. Por otro lado, es importante aclarar que no se hizo diferenciación entre colegios y universidades y que tampoco se tenía alguna variable referente a la calidad, así, teniendo en cuenta solo la cantidad de colegios y universidades, se nota que la mayoría de estos están dispuestos hacia el centro y norte de la ciudad, mientras que la zona sur presenta los valores más bajos.

En la ilustración 4 se presenta el mapa de equipamientos disponibles para la dimensión de cultura.

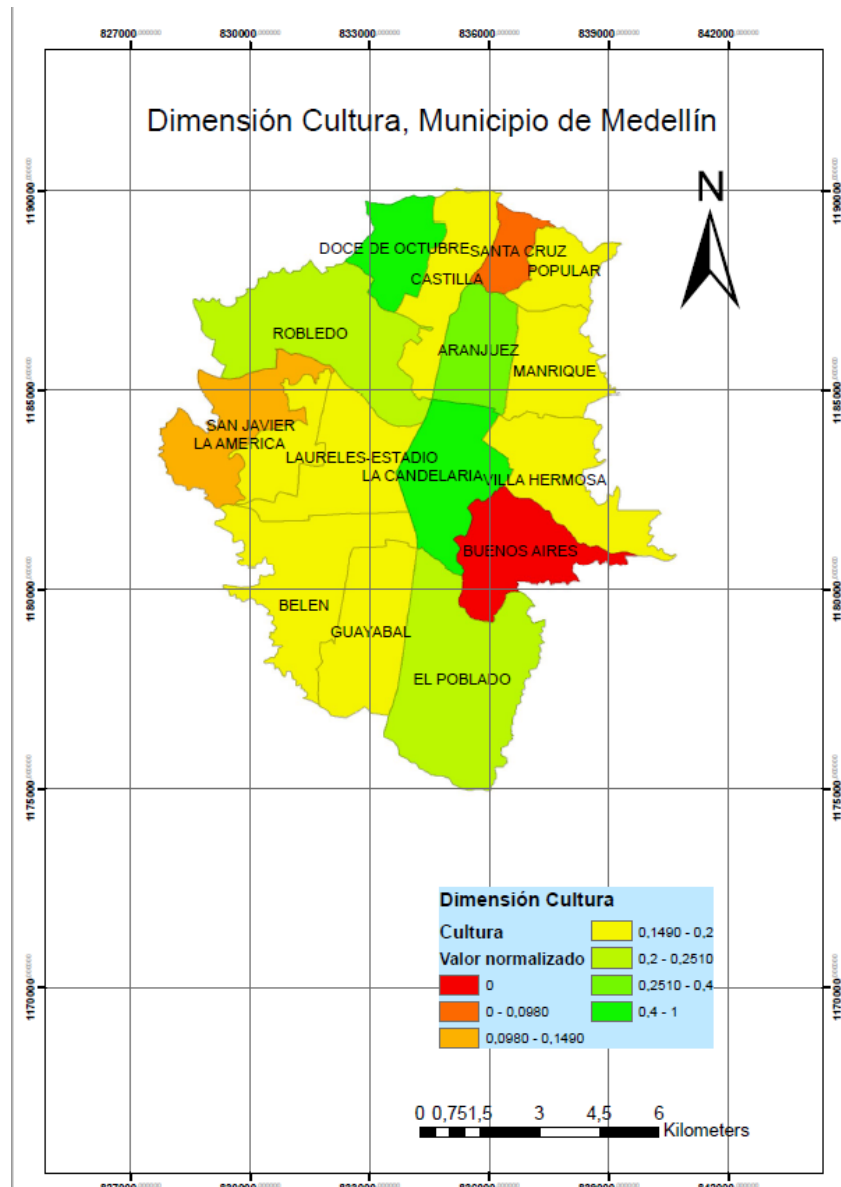


Ilustración 7 Mapa Cultura normalizado para las comunas de Medellín

Para esta dimensión se notó una diferencia entre la cantidad de equipamientos de la comuna 10 correspondiente a la candelaria frente a las demás comunas, por su parte, es Buenos Aires la comuna que menor disponibilidad de lugares dedicados a la cultura contiene; sin embargo, a pesar de que no hay tanta infraestructura allí, es una comuna cercana a la Candelaria que es, junto con 1 de Octubre la que se encuentra mejor equipada.

En general se encuentra que la apuesta cultural desde las instalaciones en la ciudad está enfocada en el centro, es decir que para que las personas puedan acceder debe darse un desplazamiento; a pesar de que la cultura pareciera ser una dimensión no tan vital, desde la revisión se encontró que para el desarrollo de la persona resulta importante y de acuerdo al indicador actual, debería hacerse una tarea para llevar centros culturales que permitan mejores condiciones en cuanto a la construcción de mejores comunidades desde la cultura.

En la Ilustración 5 se presenta el mapa obtenido para la dimensión de apoyo social.

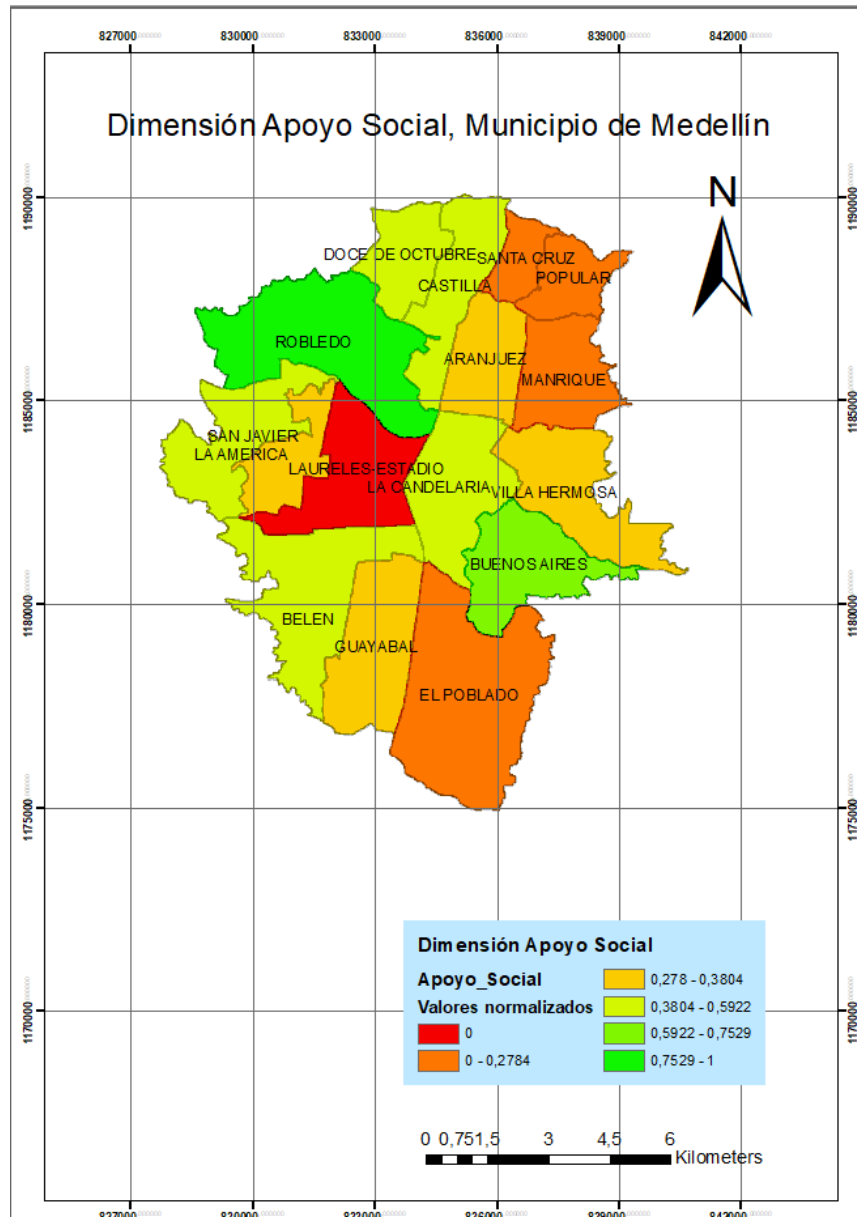


Ilustración 8 Mapa Apoyo Social para las comunas de Medellín

En la dimensión de apoyo social se tuvieron en cuenta los equipamientos o facilidades dedicados al cuidado de la primera infancia y al adulto mayor; para esta dimensión, Robledo, seguida de buenos Aires, son las que presentan mejor puntuación, mientras que Laureles-Estadio, seguida de Poblado, Manrique, Popular y Santa Cruz, son las que presentan menores facilidades al respecto.

A continuación se presenta el mapa de la dimensión de acceso a servicios básicos.

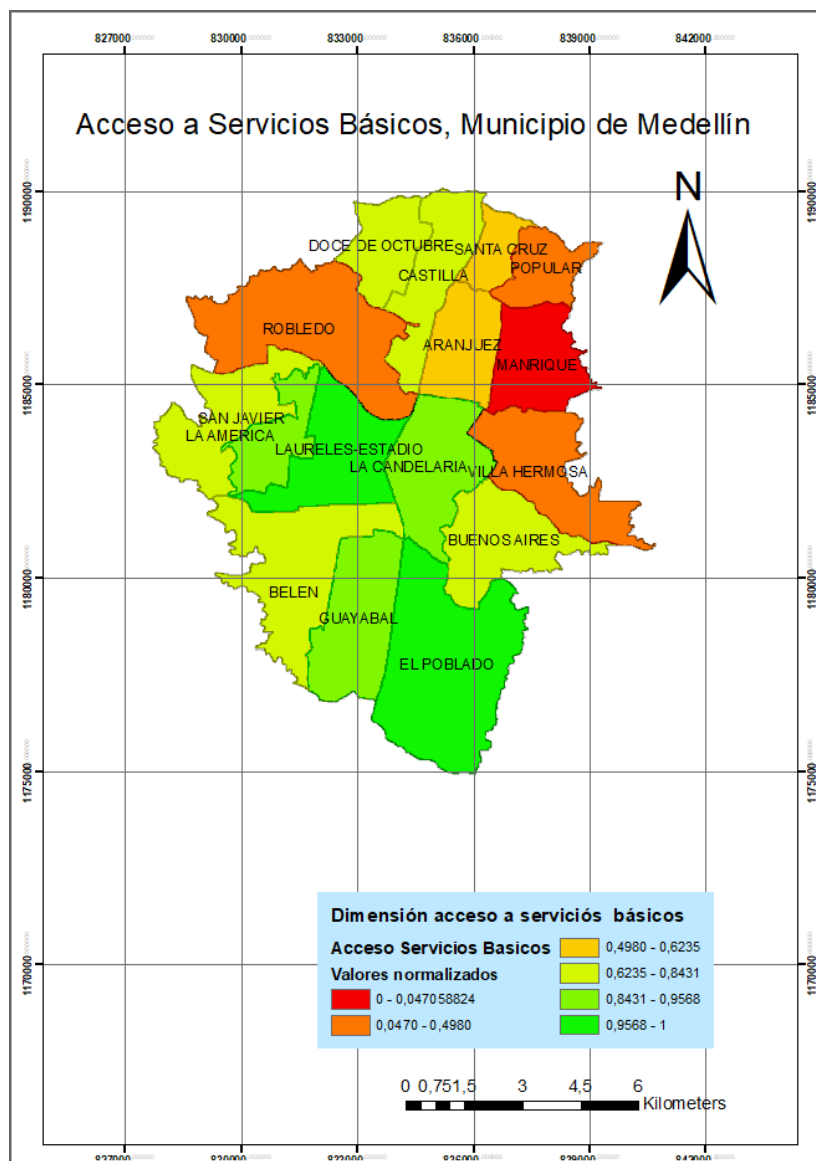


Ilustración 9 Mapa acceso a servicios básicos para las comunas de Medellín

El acceso a servicios básicos se evaluó a través del déficit cualitativo de vivienda, esto es, la cantidad de viviendas sin acceso a cada uno de los servicios básicos, así, Manrique, seguida de Robledo, Villa hermosa y Popular, son las que presentan mayor déficit, mientras que las que se encuentran en mejor condición, son el poblado y Laureles-Estadio.

A diferencia de las dimensiones evaluadas hasta acá, esta última habla del espacio específico que ocupa cada familia y además del bienestar diario, pues por ejemplo los equipamientos de salud y cultura no son algo a lo que en general se deba acceder todos los días ni todo el tiempo, y que además están al alcance a través de un desplazamiento, mientras que los servicios básicos son necesarios para una subsistencia digna.

A continuación se presenta el mapa de la dimensión de condiciones de la vivienda.

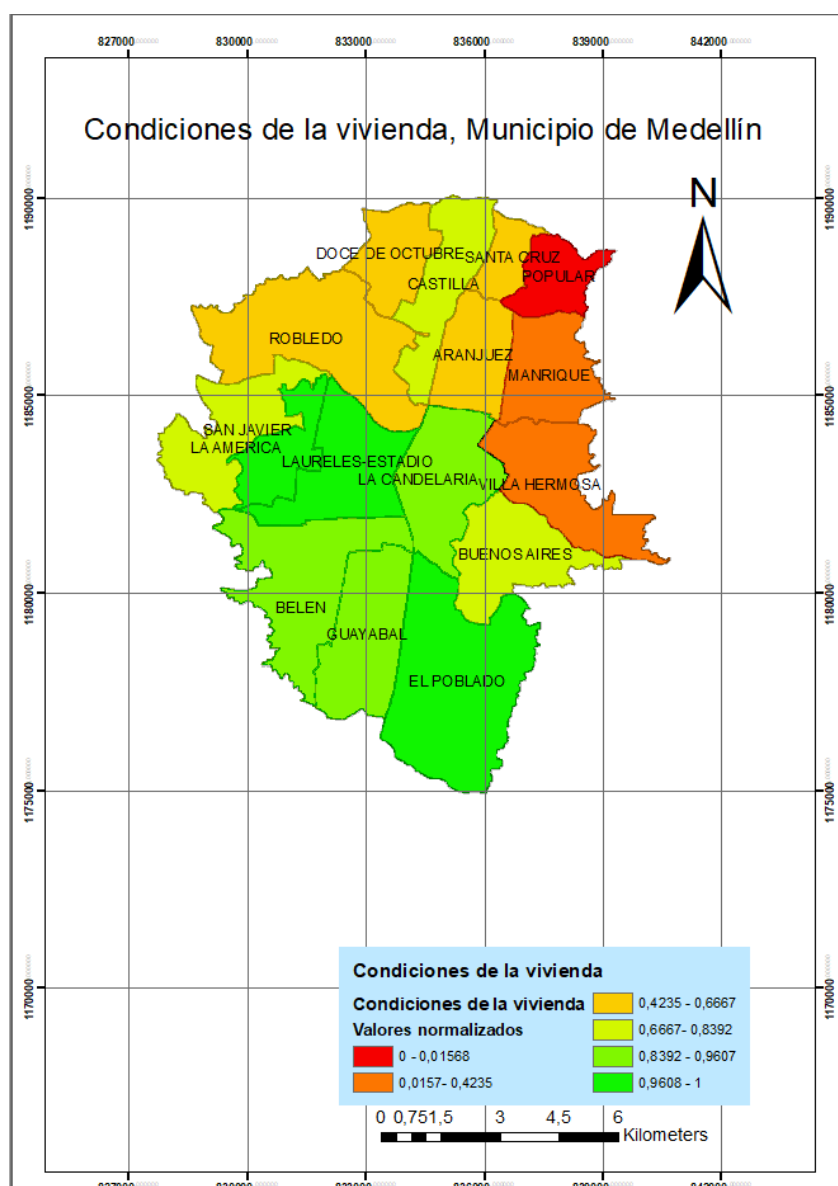


Ilustración 10 Mapa condiciones de la vivienda para las comunas de Medellín

Como se mencionó en la sección 5, para la medición de esta dimensión se tomó el déficit cuantitativo de vivienda, que hace referencia a la cantidad de familias que se encuentran viviendo en un lugar que no tiene las condiciones suficientes, que se encuentran en situación de hacinamiento por lo que se necesitaría otra vivienda para dignificar su calidad de vida.

De acuerdo al mapa de las ilustraciones 6 y 7, se nota que hay una condición asociada a la zona de la ciudad en la que se ubica la vivienda, pues se ve que hacia la zona Sur y centro, se encuentran las viviendas con mejores condiciones, mientras que en la zona norte se encuentran las comunas que presentan mayor déficit.

En la ilustración 8 se presenta el mapa con el índice de equidad espacial teniendo en cuenta la combinación lineal de todas las dimensiones.

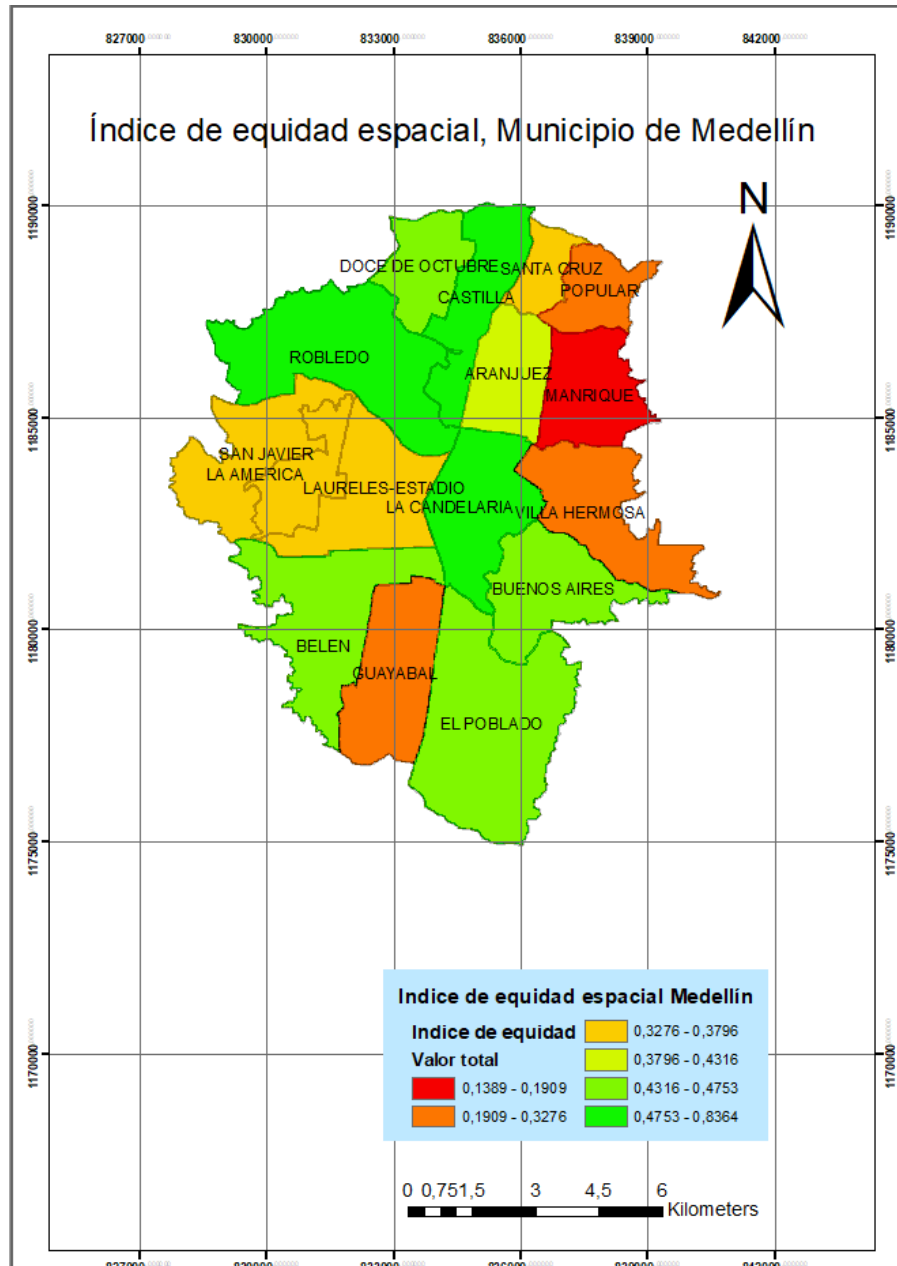


Ilustración 11 Mapa Índice de equidad espacial para el Municipio de Medellín

Teniendo en cuenta los pesos asignados y las dimensiones evaluadas, se encuentra que Manrique, seguida de Popular, Villa Hermosa y Guayabal, son las comunas que presentan condiciones de equidad menores a las demás comunas teniendo en cuenta las facilidades o equipamientos dispuestos específicamente en estos lugares, mientras que La Candelaria, Robledo y Castilla son las que se encuentran con la mejor disposición.

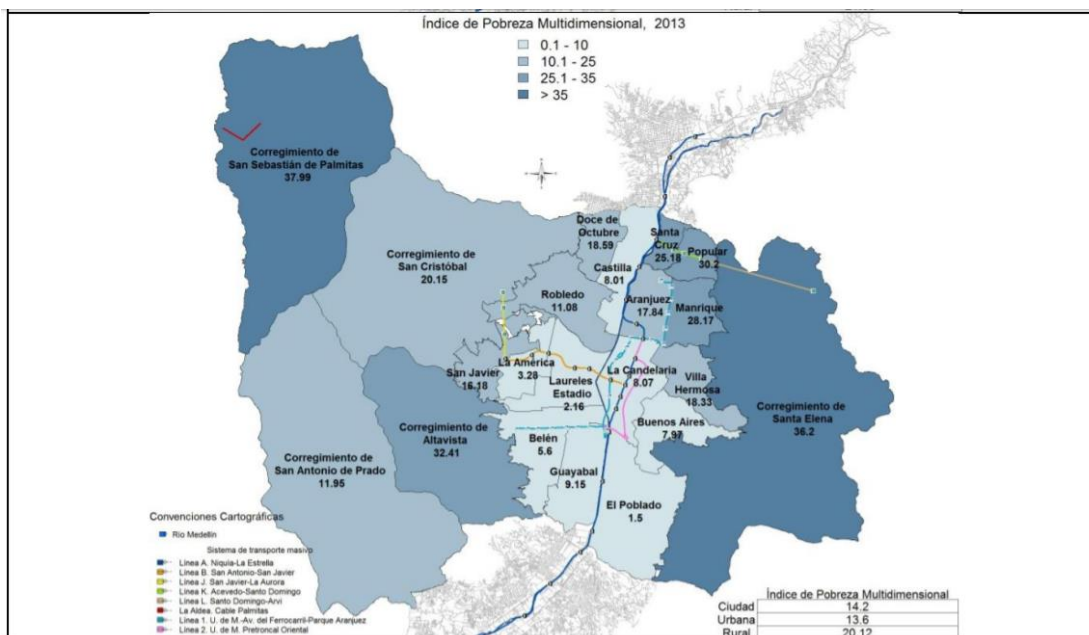
Teniendo en cuenta todas las dimensiones la diferenciación en el índice de equidad no se nota tanto en las zonas norte sur, sino que es más en las zonas de la periferia, especialmente la zona noroccidental en donde se encuentran las comunas que presentan mayor desventaja en equipamientos.

Contrario a lo que se esperaría, las comunas Laureles-Estadio y la América, así como Guayabal, aparecen dentro de los que se encuentran con un índice relativamente bajo; al revisar los mapas que representaban las dimensiones individuales, se encontró que los equipamientos de apoyo social, cultura y educación eran escasos especialmente en la comuna Laureles-Estadio mientras que las dimensiones relacionadas a la vivienda presentaban mejor puntaje. Lo anterior puede indicar que las personas ubicadas en esta zona en su cotidianidad se encuentran en viviendas dignas, sin embargo, para acceder a los demás equipamientos de las dimensiones que fueron halladas como fundamentales para una vida digna, deben asumir un desplazamiento, podría ser hacia la candelaria que es una comuna que presentó puntajes sobresalientes en todas las dimensiones y además está ubicada en una zona central de la ciudad.

En un punto más desfavorable se encuentran las comunas de Manrique, Popular, Santa Cruz y Villa Hermosa, en las que se presentaron puntajes desfavorables para la mayoría de las dimensiones exceptuando educación que es la dimensión que presenta diferencias menos drásticas en general.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se mencionó en la introducción y en el marco teórico, el índice multidimensional de pobreza, es uno de los indicadores con los que actualmente se evalúa el estado de equidad y de bienestar de las personas a nivel mundial, nacional y también para la ciudad de Medellín, dicho índice evalúa desde la percepción de las personas, las dimensiones de Salud, Condiciones educacionales, condiciones de la niñez, acceso a servicios públicos y acceso a una fuente trabajo, asignando un peso igual con un valor de 0.2 a cada una de las dimensiones. Para este índice los valores se calculan a través de encuestas a los ciudadanos y la espacialización se hace con el valor ya calculado. En la ilustración 9 se muestra el Mapa del Índice Multidimensional de Pobreza para el año 2013.



Fuente Departamento Administrativo de Planeación de Medellín 2014

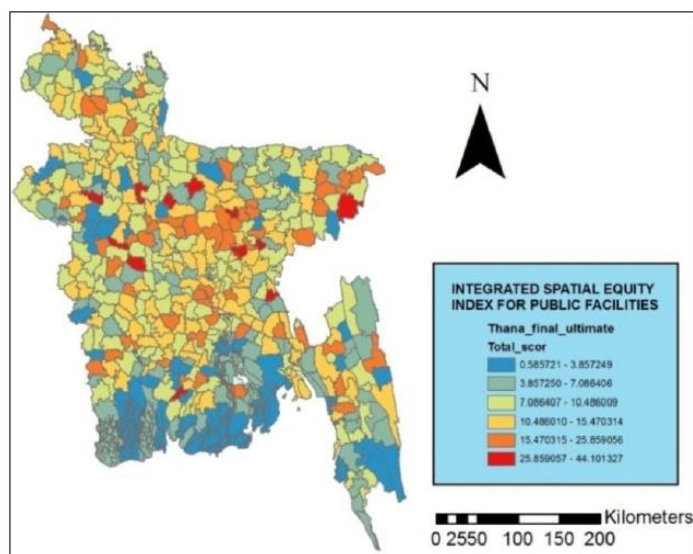
Ilustración 12 Índice Multidimensional de pobreza Medellín 2013

De acuerdo a la ilustración 9, el Índice de Pobreza multidimensional coincide en que las zonas más desiguales se encuentran ubicadas especialmente en la zona nororiental, sin embargo, presenta diferencias en que para este índice en la zona sur no se encuentran comunas con índices bajos, por otro lado, mientras que la comuna de Robledo en el índice de equidad espacial desarrollado en el presente trabajo fue una de las que presentó mejores valores, en el Índice Multidimensional de Pobreza se encuentra en valores menos positivos, lo anterior puede ser porque en este último se tiene en cuenta el acceso a trabajo y por la diferencia en los pesos asignados a cada dimensión.

Por otro lado, otra diferencia sustancial en el método de medición radica en los puntos de corte de cada variable medida, pues en el índice de pobreza se presentan valores a partir de los cuales se determina que un hogar está en condición de pobreza, lo cual puede resultar más objetivo y, en este sentido podría tomarse como referencia para mejorar los métodos de cálculo del indicador desde el análisis espacial; así, podría por ejemplo definirse cantidad de equipamientos específicos de acuerdo a una densidad poblacional, y tomar este valor como máximo o mínimo dependiendo el caso, para aplicarse en la fórmula de normalización.

En la revisión no se encontraron trabajos de cálculo de indicadores de equidad desde el análisis espacial para la ciudad de Medellín, sin embargo, en (Mashrur & Nigar Neema, 2015), hizo un trabajo similar al presente para la ciudad de Bangladesh, en este se aplicó el método de interacción espacial basado en la gravedad, en el que se tienen en cuenta tanto el número de facilidades como la distancia, y las dimensiones evaluadas fueron, educación, centros de cuidado de la familia, y salud. Adicional al método usado, este estudio presenta diferencia en la manera como es abordada la dimensión de educación, pues los autores tomaron los equipamientos de primaria, secundaria, y educación superior como dimensiones diferentes, asignando así un peso diferente a cada una, lo anterior resulta además distinto de cómo se aborda esta dimensión en los otros índices como el de pobreza multidimensional, en el que a pesar de que existen variables que hablan del nivel de educación, al final todas se agregan en una única dimensión y se les asigna un único peso.

En la ilustración 10 se muestra el mapa de equidad espacial para la ciudad de Bangladesh.



Fuente: (Mashrur & Nigar Neema, 2015)

Ilustración 13 Indicador integrado de equidad espacial para las facilidades públicas en diferentes subdistritos de la ciudad de Bangladesh.

Igual que en la ciudad de Medellín se nota una diferencia en el índice relacionada a la zona, siendo en este caso, la zona sur la que presenta valores más bajos. Como se nota en la ilustración 10, la escala no es clara respecto a cómo debe ser su interpretación, en ese sentido, se considera que el presente estudio plantea una ventaja. Por otro lado en el mismo estudio se sugiere para trabajos similares tener en cuenta otras dimensiones, y en el trabajo planteado como dimensiones adicionales se evaluó el acceso a cultura, el acceso a servicios básicos y las condiciones de la vivienda.

De los estudios revisados, en (Rabbi, Alam Mimx, & Nigar Neema, 2019), se mencionaba la equidad espacial entendida desde dos puntos, uno, equidad horizontal en la que se deben disponer los mismos equipamientos indistintamente de la condición de la zona, y dos, la equidad vertical, que parte de las condiciones de la zona para determinar qué necesidades

deben ser satisfechas. Luego de analizar los resultados y evidenciar las diferencias existentes, se considera que para ciudades como Medellín o Bangladesh, en las que dados los procesos de construcción han tenido un desarrollo inequitativo, resulta más conveniente analizar la equidad desde una perspectiva vertical, partiendo de las condiciones de inequidad existentes y a partir de allí, plantear los equipamientos y acciones que deben ser dispuestos para apoyar los grupos sociales menos favorecidos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al índice construido, que sin tener en cuenta los ingresos ni la densidad poblacional, se encontró que la comuna con valores más altos tanto en las dimensiones individuales como en la agregación fue La Candelaria, ubicada en la zona central de la ciudad, la comuna de Robledo presentó también valores positivos en relación a las demás; lo anterior resulta interesante dado que la zona sur y centro occidente es la que de acuerdo a la estratificación, presenta valores más altos, y aunque la comuna Poblado, en la agregación total presenta valores sobresaliente, la comuna Guayabal ubicada también al sur no, en este último caso, para las personas ubicadas en esta zona, para acceder a servicios básicos de cultura, salud, educación y apoyo social, deben asumir un desplazamiento. Esta diferencia respecto a la clasificación por estratificación puede darse porque en el presente estudio no se tuvieron en cuenta por ejemplo variables relacionadas a los ingresos, sino que se evaluaron equipamientos básicos para una vida digna.

En un punto más desfavorable se encuentran las comunas de Manrique, Popular, Santa Cruz y Villa Hermosa, en las que se presentaron puntajes desfavorables para la mayoría de las dimensiones exceptuando educación, que es la dimensión que presenta diferencias menos drásticas en general. Estas comunas además de presentar deficiencias en los equipamientos de uso común, presenta también carencias en la vivienda, que es espacio individual que se habita y que habla de un estado permanente de carencia, pues las facilidades de cultura y salud, pueden no estar en demanda constante, pero la vivienda si; en este sentido, son estas las zonas que se debe priorizar a la hora de realizar inversiones que busquen mejorar el bienestar de las personas y aportar en la facilitación de ciudades más iguales.

Respecto a la vivienda se tiene que esta es la única dimensión que habla de una condición individual, y su índice resultó claramente más alto en la zona centro sur, en la que no hubo ninguna comuna con valores en desventaja, mientras que en la zona norte se ubican las

comunas con mayores precariedades de acceso a servicios básicos, materiales de la vivienda y hacinamiento.

En general la puntuación obtenida para las diferentes comunas corresponde a la realidad de bienestar o precariedad conocidas, sin embargo, las comunas Laureles - Estadio y La América, que desde su reconocimiento se saben como comunas con un estado de bienestar sobresaliente en relación a las demás; en el índice construido presentaron valores inferiores por ejemplo a Candelaria, Robledo y Castilla, lo que resulta contradictorio. A partir de allí podría plantearse que estas zonas a pesar de que se conocen como convenientes para ser habitadas, en realidad resulta que a pesar de que son zonas agradables por la calidad de sus viviendas y del espacio disponible, son también zonas en las que para acceder a los equipamientos de salud, cultura y educación deba asumirse un desplazamiento hacia otras zonas de la ciudad.

Durante el procesamiento de la información se omitieron variables como la conectividad desde las facilidades de transporte existentes, pues, a pesar de que desde el concepto se menciona como importante, desde la construcción de indicadores y los métodos hasta ahora planteados, no hay uno que incluya un planteamiento avalado para su cálculo, en este sentido se sugiere para estudios futuros definir una manera en que desde las herramientas SIG se pueda procesar y desde la forma matemática sea correcta su combinación con las demás dimensiones.

El estudio del espacio ha resultado un elemento fundamental a la hora de planear territorios más iguales, con mejores oportunidades y una disposición que facilite y dignifique el desarrollo de la vida. En el presente estudio se usaron las herramientas GIS con apoyo del método del container para evaluar desde la disponibilidad de equipamientos, cómo está una zona frente a las demás en términos de equidad, sin embargo, aunque suma en la evaluación de la ciudad, resulta este término un concepto tan complejo que parece aparentemente simple reducir la equidad a una mirada solo desde infraestructura, y a pesar de que otros métodos plantean tener en cuenta aspectos como la distancia; en la revisión realizada no se

encontraron métodos que tengan en cuenta, por ejemplo, la densidad poblacional para evaluar la equidad desde unas necesidades existentes, tampoco se encontraron métodos que evalúen la equidad desde la calidad de las facilidades o equipamientos disponibles; en este sentido, se plantea para estudios futuros el estudio de este concepto desde la disposición espacial, teniendo en cuenta estas otras variables que pueden seguir sumando en la evaluación del estado de la ciudad y aportar en la construcción de territorios más equitativos.

8. REFERENCIAS

- American Psychological Association. (2010). Manual de publicaciones de la American Psychological Association: tercera edición traducida de la sexta en inglés (Tercera ed.). México: Editorial El Manual Moderno.
- Alvarez Rojas, A. M. (2013). (Des) Igualdad socio espacial y justicia espacial: nociones clave para una lectura crítica de la ciudad. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 1-17.
- Alkimer, S., & Foster, J. (2011). Counting and multidimensional poverty measurement. *Journal of Public Economics*, 476-487.
- Anand, S., & Sen, A. (1993). Human Development Index: methodology and measurement. New York: Human Development Report Office, United Nations Development Programme.
- Angulo Salazar, R., Diaz Cuervo, Y., & Pardo Pinzón, R. (2011). Índice de Pobreza Multidimensional para Colombia 1997-2010. Bogotá: Dirección de Estudios Económicos de la Dirección Nacional de Planeación.
- Asif, M., & Searcy, C. (2014). A composite index formeasuring performance inhigher education institutions. *International Journal of Quality & Reliability Management* , 983-1001.
- Bennet, R. (1983). Individual and Territorial Equity. *Geographical Analysis*, 50-57.
- Bógus, L., & Pasternak, S. (2018). Mapa social de la región metropolitana de São Pablo, Desigualdades espaciales. *Andamios*, 151-175.
- Boovsen, F. (2002). An overview and evaluation of composite indices of development. *Social indicators research*, 115-151.
- Buzai, G., Baxendale, C., & Mierez, A. (2003). Accesibilidad e interacción espacial: Aportes del análisis espacial cuantitativo para su modelización regional. *Gerencia Ambiental*, 360-369.
- Ceriani, I., & Verme, P. (2012). The origins of the Gini index: extracts from *Variabilità e Mutabilità* (1912) by Corrado Gini. *Journal of Economic Inequality*, 421-443.
- Chakravarty, S., & Majumder, M. (2005). Measuring Human Poverty: A Generalized Index and an Application Using Basic Dimensions of Life and Some Anthropometric Indicators. *Journal of Human Development*.
- Chakravarty, S., & Majumder, M. (2005). Measuring Human Poverty: A Generalized Index and an Application Using Basic Dimensions of Life and Some Anthropometric Indicators. *Journal of Human Development*.
- De Pietri, D., Dietrich, P., Mayo, P., Carcagno, A., & Titto, E. (2013). Indicadores de accesibilidad geográfica a los centros de atención primaria para la gestión de inequidades. *Revista Panamericana de Salud pública*, 452-460.

- Di Pascuale, A., & Balsa, E. (2017). La técnica aplicada al escalamiento lineal por intervalos: una propuesta de estandarización aplicada a la medición de niveles de bienestar social. *Revista métodos cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 164-193.
- Duque Franco, I. (2015). Inclusión y equidad territorial en la agenda del planeamiento urbano en Medellín-Colombia. *Bollettino della società geografica italiana*, 109-121.
- Fuentes, L. (2011). Competitividad urbana en el contexto latinoamericano. El caso de Santiago de Chile. *Revista Geografía Norte Grande*, 48:81-106, 81-106.
- Harvey, D. (1977). *Urbanismo y desigualdad Social*. España: Siglo veintiuno editores.
- Litman, T. (2002). Evaluating Transportation Equity. *World Transport Policy & Practice*, 50-65.
- Mashrur, R., & Nigar Neema, M. (2015). A GIS Based Integrated Approach to Measure the Spatial Equity of Community. *Geosciences*, 21-40.
- Ministerio de Fomento. (2004). Informe sobre los indicadores locales de sostenibilidad. Madrid: Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo.
- Marcuse, P. (2008). La justice spatiale: á la fois résultante de la justice sociale. *Revue Justice Spatiale*.
- Moreno Jimenez, A., Buzai, G., & Fuensalida Díaz, M. (2018). *Sistemas de Información Geográfica, Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Navarrete, J. (5 de Abril de 2014). Blog de la División de Vivienda y Desarrollo Urbano (HUD) del Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/por-que-el-renacimiento-de-medellin-es-un-modelo-de-exportacion/>.
- Navarrete Heredia, J., Angel Bernal, M. M., & Donovan, M. (2014). *Equidad Territorial en Medellín*. Medellín: Mesa Editores.
- Salom Paina, A. (2011). *Las limitaciones al crecimiento poblacional y espacial establecidas por la normativa territorial y urbanística*. Madrid: Instituto Nacional de Administración Pública.
- Paes de Barros, R., Ferreira, F., Molinas, J., & Saavedra, J. (2008). *Midiendo la Desigualdad de Oportunidades en América Latina y el Caribe*. Washington: Banco Mundial.
- Rabbi, F., Alam Mimx, S., & Nigar Neema, M. (2019). Towards vertical spatial equity of urban facilities: An integration of spatial and aspatial accessibility. *Journal of Urban Management*.
- Restrepo, P., Meneses Hoyos, R., Garay Molina, N., & Gonzalez, V. (2018). *Informe de Calidad de Vida Medellín cómo vamos*. Medellín: Pregon S.A.S.
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 9-26.
- Torres Toro, E. M., & Laínez Parra, Y. (2015). *Medellin.gov.co*. Obtenido de "Una mirada de ciudad desde los planes de desarrollo local, dimensión físico espacial"

- Saddegh, M. (2014). Using data development analysis and analytic hierarchy process to construct composite indicators. *Journal of applied operational research*, 174-187.
- Sadegh Pakkar, M. (2016). Hierarchical Agregation Aproach for Indicators Bsaed on Data Envelopement Analysis and Analytic Hierarchy Process. *Systems*, 1-6.
- Schuschny , A., & Soto, H. (2009). *Guía metodológica*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas.
- Veres, E. (2006). Diseño de un índice para la medicion del desarrollo humano. *Estudios de Economía Aplicada*, 1013-1042.