



Escalado multidimensional y accesibilidad territorial urbana. Aplicación a una red de transporte público

Multidimensional scaling and urban territorial accessibility. Application to a public transport network

SABOGAL, Orlando [1](#); ESCOBAR, Diego [2](#); HINCAPIÉ, Juan [3](#)

Recibido: 19/02/2017 • Aprobado: 28/03/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Metodología de investigación](#)
 - [3. Resultados y Discusión](#)
 - [4. Conclusiones](#)
 - [5. Trabajos futuros](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

El presente trabajo explora la accesibilidad territorial ofrecida por el sistema de transporte público de la ciudad de Manizales en dos periodos de tiempo (2010 y 2015) utilizando escalado multidimensional, de esta manera se obtiene una deformación de la mancha urbana y es posible examinar visualmente las zonas problemáticas o beneficiadas por el sistema. Los resultados permiten interpretar la ciudad en tres niveles: hacia el occidente se concentran los puntos con mejor accesibilidad, en el centro un área aislada rodeada por formaciones geográficas y al oriente los barrios más segregados.

Palabras clave: Accesibilidad territorial, escalado multidimensional, SIG, transporte público

ABSTRACT:

This research explores the territorial accessibility offered by the public transport system of the city of Manizales in two periods of time (2010 and 2015) using multidimensional scaling. Knowing a deformation of the urban spot and it is possible to find graphically the areas that are problematic or these that can benefit from the transport system. The results allow to understand the city in three levels: towards the west the points with better accessibility are concentrated, in the center an isolated area surrounded by geographic formations and to the east the more segregated neighborhoods.

Keywords: Territorial accessibility, Multidimensional scaling, GIS, transport system

1. Introducción

El concepto de accesibilidad, a nivel de planificación territorial y a diferentes escalas, ha sido estudiado en detalle desde hace más de cinco décadas encontrando sus orígenes a comienzos del siglo pasado cuando se empezó a involucrar en estudios de planeamiento económico regional y de localización de equipamientos y actividades (Batty, 2009). Una de las definiciones clásicas del concepto de accesibilidad y que se toma como base inicial para el desarrollo detallado del mismo, fue expuesta por Hansen (1959) como "... the potencial of opportunities for interaction."

Es posible encontrar más definiciones del concepto (Pirie, 1979; Jones, 1981; Martellato et al., 1995), entre las cuales se destacan la que le define como una medida de la facilidad de comunicación que existe entre actividades o asentamientos, usando un modo de transporte en específico (Morris et al., 1978); y la que se enfoca en el transporte de pasajeros para definirla como el nivel al cual el uso del suelo y de los sistemas de transporte permiten a grupos de individuos alcanzar actividades o destinos a través de la combinación de variados modos de transporte (Geurs i Van Wee, 2004).

Wang et al (2014) y Escobar et al (2013), coinciden con Gutiérrez et al (1994) en relación con que el enfoque general de la accesibilidad expresa que las infraestructuras de transporte constituyen un elemento clave en las políticas de desarrollo territorial. Así mismo, Gutiérrez et al (1994) citan a Biehl (1986) para definir los cuatro elementos determinantes en el desarrollo regional: las infraestructuras, la localización de actividades, la aglomeración y estructura de asentamientos y, finalmente, la estructura económica sectorial; no obstante, en el momento de evaluar alternativas de intervención infraestructural, se deben considerar modelos territoriales regionales buscando aplicar conceptos sustentables y equitativos (Venegas i Rojas, 2009).

Por otra parte, los análisis de accesibilidad permiten detallar las posibilidades de interacción entre los diferentes la población y los nodos de actividad disponibles en su territorio, permitiendo identificar zonas que se encuentran mínimamente servidas ya sea por la ausencia de un nodo de actividad en particular o por la inexistencia o ineficiencia del sistema de transporte.

Las medidas de accesibilidad han sido abordadas desde diferentes ópticas y escalas de planificación, encontrándose desarrollo del concepto en temáticas como: Distribución espacial e impacto de las actividades económicas (Krugman, 1991; Calcuttawala, 2006; Higgs et al., 2012; Thakuria, 2009); impactos en desarrollo socioeconómicos (Rietveld i Nijkamp, 1993; Rietveld i Bruinsma, 2012); plusvalía de la tierra (Alonso, 1964); densidad poblacional (Kotavaara et al., 2011); comparación de alternativa de intervención infraestructural (Loaiza et al., 2016); crecimiento urbano (Huiping i Qiming, 2010); agricultura y recursos naturales (Tassinari et al., 2008); sostenibilidad (Cheng et al., 2007), operatividad de modos de transporte (Geurs i Van Wee, 2004), equidad en servicios de salud (Mayhew i Leonardi, 1982; Luo i Wang, 2003); por citar algunos ejemplos.

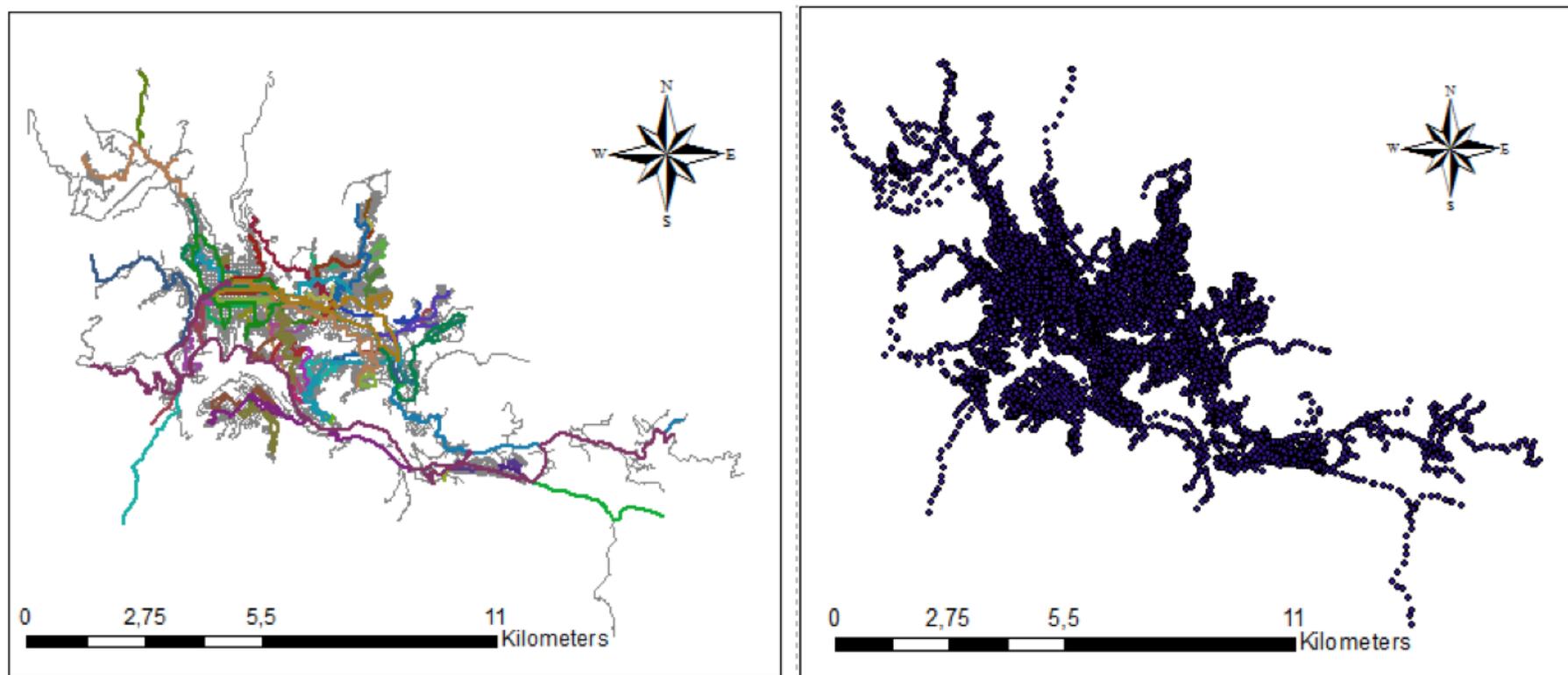
Con respecto a la ciudad de Manizales, diversos análisis han involucrado estudios de accesibilidad, a nivel global (Escobar i García, 2012a), como a nivel integral (Escobar i García, 2012b; Escobar et al, 2016a; Younes et al, 2016), los cuales han sido utilizados para mejorar las condiciones de planeación urbana de la ciudad.

Por su parte, el escalado multidimensional (MDS por Multidimensional Scaling en Inglés) es una técnica de la estadística multivariada que parte de una matriz cuadrada de distancias (también llamada de similaridades o disimilaridades) y encuentra un sistema de coordenadas (por lo general no mayor a dos) que explica la matriz de distancias. Esto es, a partir de las coordenadas es posible reconstruir las distancias con poco error. Cuando se grafican las coordenadas se puede hacer una interpretación visual de los datos, determinar si existen grupos homogéneos entre los individuos y comprender cuáles son los individuos distantes y lejanos entre sí. Se han encontrado variados ejemplos de aplicación de esta técnica estadística, como por ejemplo: exploraciones geológicas y geotécnicas (Cheng, 1999); investigaciones de índole social (De Maziere i Van Hulle, 2011); propiedades físicas y químicas (Venkatarajan i Braun, 2001); análisis de mercado de vivienda (Nelson and Rabianski, 1988); entre otros

2.2. Captura de la Información.

Para medir los tiempos de viaje del 2015 se utilizaron dispositivos GPS en los buses de transporte público, a continuación estos datos se cruzaron con archivos geográficos de líneas representando la red urbana de Manizales proporcionados por la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Por otra parte, los datos del año 2010 se obtuvieron de investigaciones previas realizadas por la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. En la Figura 2 se observan las redes utilizadas con las rutas de transporte público para los años 2010 y 2015.

Figura 2. Red de Transporte público analizada para los años 2010 y 2015.



Fuente: Elaboración de los autores.

2.3. Cálculos computacionales.

Se usó el software TransCAD para calcular los tiempos de viaje mínimo entre todas las intersecciones (puntos) del archivo geográfico, es decir, las rutas de camino mínimo entre todos los puntos de la red (accesibilidad global). De esta manera se obtiene una matriz cuadrada de distancias. Para aplicar la técnica de escalado multidimensional se utilizó el lenguaje de programación R.

2.4. Análisis.

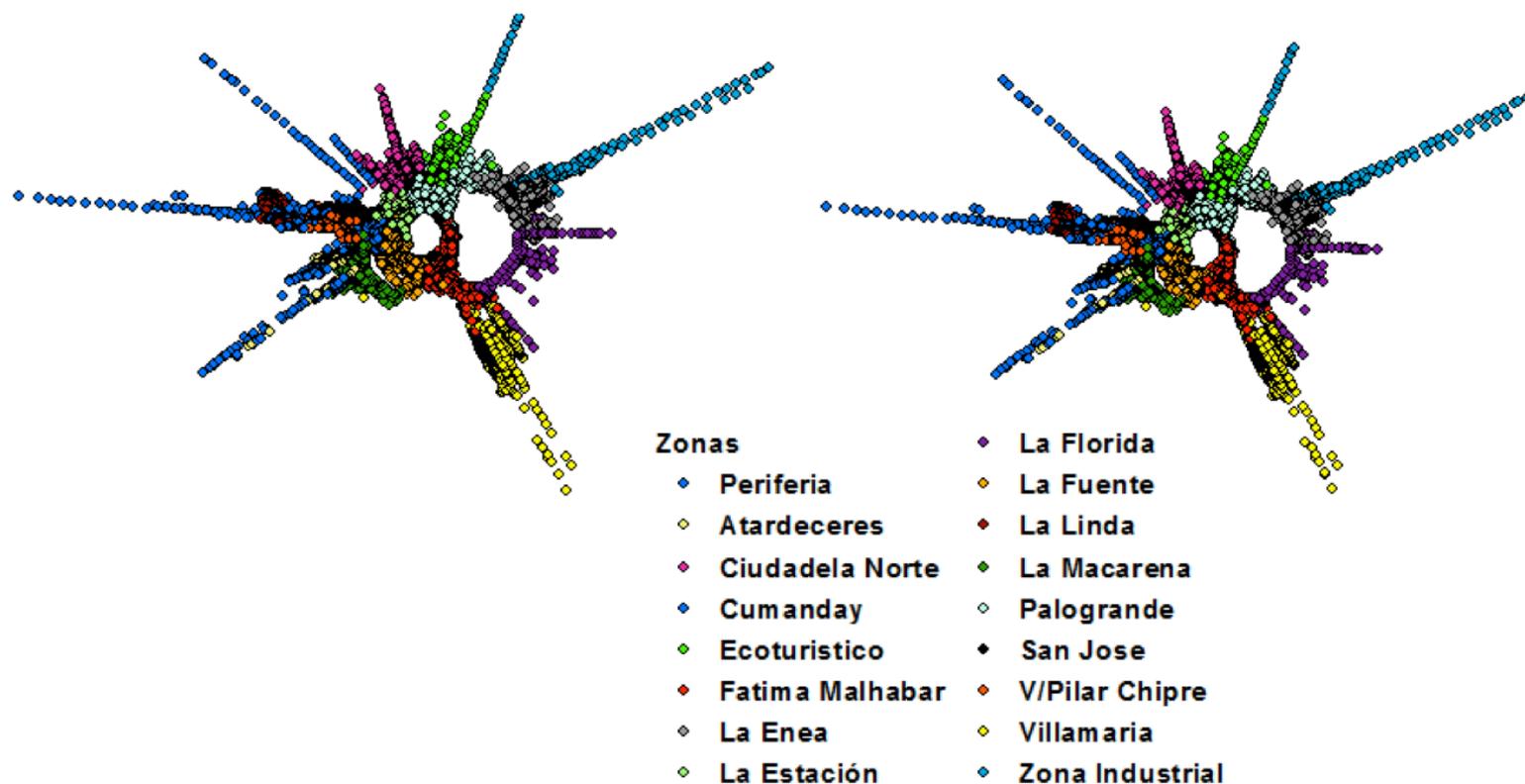
Los análisis son estrictamente visuales. Se debe tener presente que se tienen dos universos: Los puntos con sus coordenadas geográficas originales y los puntos en las proyecciones del Escalado Multidimensional. El enfoque de la investigación es comparar los dos universos resaltando las diferentes zonas de la ciudad.

3. Resultados y Discusión

Los resultados de las proyecciones del escalado multidimensional para los dos años se pueden observar en la Figura 3. Es claro que no hay grandes diferencias entre los dos periodos de tiempo lo que tiene sentido considerando que no han existido modificaciones considerables en las rutas de transporte público y en la infraestructura de la ciudad entre dichos periodos de tiempo. Dado que los dos escenarios son muy parecidos en los análisis siguientes se utilizan

solamente los resultados del 2015.

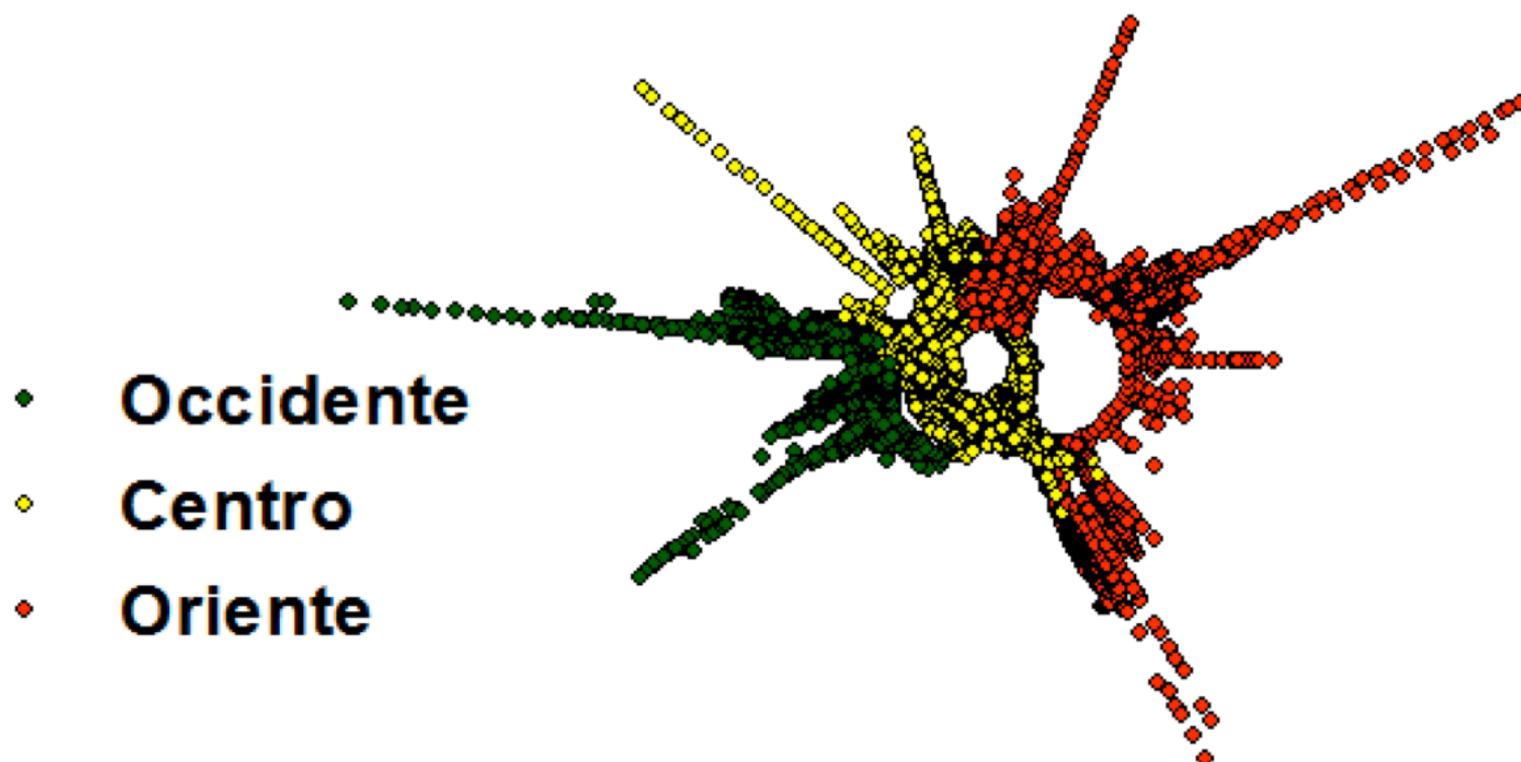
Figura 3. Resultados de proyecciones de escalado multidimensional.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4, se observan los resultados gráficos de aplicar la técnica de escalado multidimensional a la red de transporte público de la ciudad; en ésta, es posible diferenciar tres grandes áreas de la ciudad, área occidente (color verde), área centro (color amarillo) y área oriente (color rojo). Los puntos más alejados son los que refieren las peores condiciones de accesibilidad, mientras que los puntos más centrales son los que refieren las mejores condiciones de accesibilidad. Se observa claramente que es el sector al oriente de la ciudad el que refiere las peores condiciones de accesibilidad en relación con las otras dos áreas identificadas.

Figura 4. Resultados de accesibilidad a partir de la aplicación de la técnica de escalado multidimensional a la red de transporte público de Manizales.



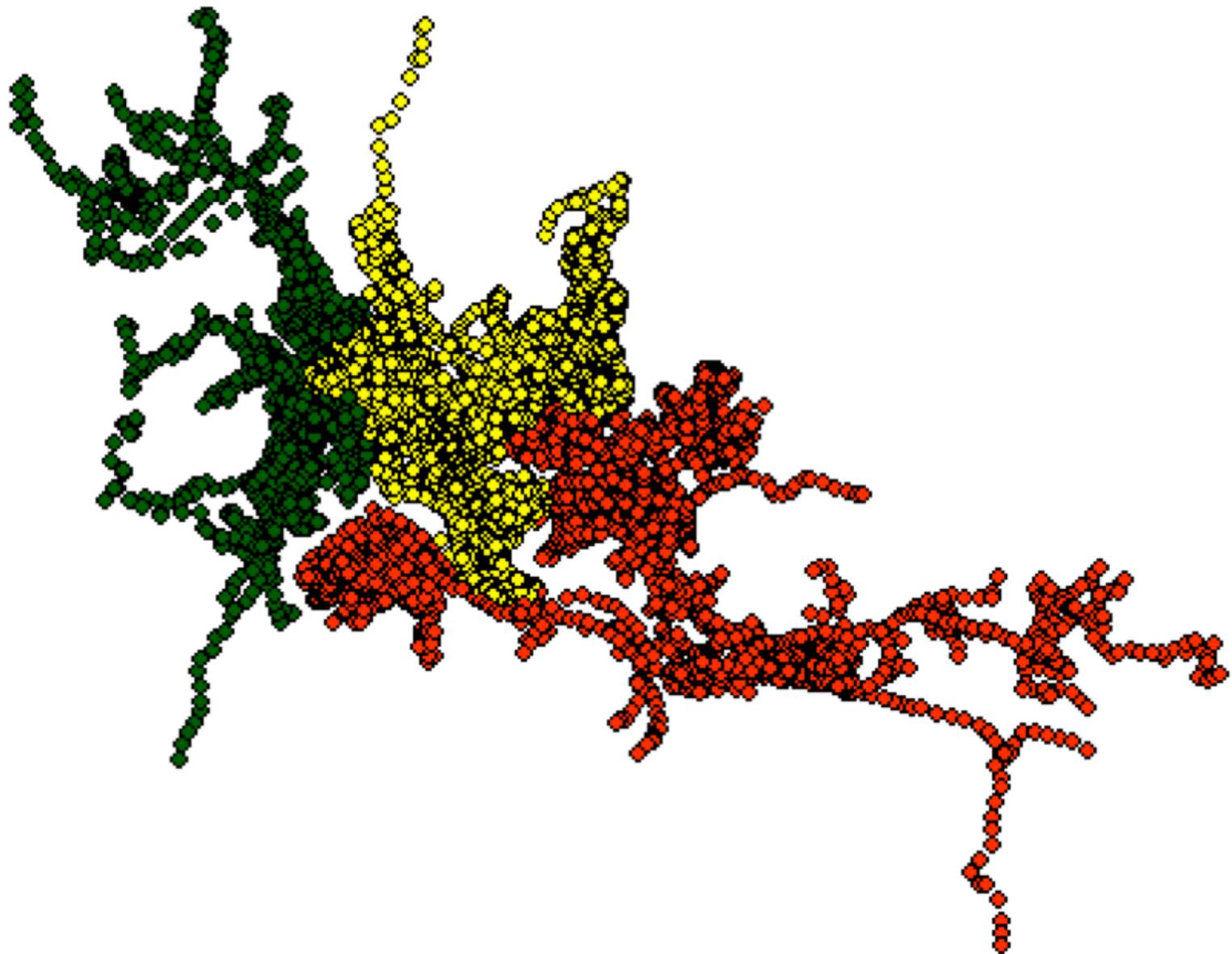
Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, con el fin de conocer la ubicación real de los anteriores puntos en un mapa de la ciudad, se genera la Figura 5, en la cual se observa la distribución de las tres áreas identificadas con anterioridad. En la primera área, que es hacia el occidente es donde se concentran gran parte de los puntos, es un conglomerado que en sí mismo refiere tener una buena accesibilidad (área en color verde).

La segunda área está conformada por la zona de la comuna cinco (norte) y los barrios Fátima y Malhabar, que aparecen aislados del sector centro de la ciudad, llamando la atención que a la derecha se ubica el llamado Morro Sancancio y a la izquierda la cuenca del Río Chinchiná, esto quiere decir que el aislamiento de este sector es producto de las características geográficas de la zona (Área en color amarillo).

Por último, se identifica un área en el sector oriente de la ciudad (área en color rojo) donde se encuentran la Zona Industrial, Palogrande, Villamaría, La Florida y el barrio la Enea, siendo ésta gran área la que refiere los peores niveles de accesibilidad.

Figura 5. Resultados del escalado multidimensional y mapa de la ciudad de Manizales.



Fuente: Elaboración propia.

Todas estas áreas se encuentran segregadas desde el punto de vista de prestación del Transporte Público Colectivo Urbano y coinciden claramente con los resultados obtenidos por Escobar et al (2016b) en donde identifican que el sector oriente de la ciudad reporta unas condiciones más desfavorables en términos de prestación del servicio de transporte público colectivo urbano.

4. Conclusiones

El sistema de transporte público de Manizales no logra comunicar toda la ciudad, ya que se identifican áreas aisladas, que se generan dada la dispersión de la ciudad hacia el oriente. Esto

es en parte producto de tres principales variables: i) la accidentada topografía de la ciudad, ii) zonas que no son servidas por rutas de transporte público, y iii) a las bajas velocidades de operación de este modo de transporte en algunos sectores.

El centro tradicional y la zona histórica de la ciudad se ubican en la zona de mejores condiciones de accesibilidad según los resultados obtenidos al aplicar esta técnica estadística. Mientras que las áreas de expansión presentan bajos niveles de accesibilidad, lo cual se relaciona directamente con los procesos de dispersión de la ciudad, en donde cada vez más se está permitiendo la creación de zonas residenciales en la periferia de ésta, las cuales no poseen servicio de transporte público.

El sector oriente de la ciudad se caracteriza por tener las peores condiciones de accesibilidad de la ciudad en este modo de transporte, lo cual se relaciona directamente con ser la zona donde existe la mayor tasa de motorización (vehículos privados) y donde se están haciendo cada vez más inversiones para soluciones enfocadas más en el modo de transporte privado que en el público, o en modo de transporte sostenible.

La ineficiencia del transporte público hace pensar en la necesidad de evaluar otras alternativas de movilidad, siendo necesario el considerar la implementación urgente de un sistema estratégico de transporte o impulsar la creación de una verdadera red de cables aéreos; también es necesario dar una mirada a los modos de transporte autónomos. En todo caso es esencial empezar a integrar el sistema buses con otras soluciones.

5. Trabajos futuros

Con el propósito de hacer comparaciones entre modos de transporte, es interesante desarrollar una investigación similar enfocándose en los vehículos motorizados. Por último, el escalado multidimensional se puede utilizar construyendo matrices de distancia con datos de matrices origen destino.

Valdría la pena realizar una comparación cuantitativa entre los resultados de accesibilidad territorial aplicando la técnica de escalado multidimensional y la técnica geoestadística mediante la aplicación de un modelo de pronóstico de variables. Con lo anterior, sería posible el poder definir cuál de ambas técnicas se aproximan más a la realidad vivida en un área de estudio. Así mismo, sería posible involucrar resultados de accesibilidad territorial obtenidos mediante un análisis de accesibilidad potencial.

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Manizales, Plan de Movilidad de Manizales, 2010. Secretaría de Tránsito y Transporte, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales.

Alcaldía de Villamaría. Página web oficial. Recuperado en http://www.villamaria-caldas.gov.co/informacion_general.shtml 15/12/2016.

Alonso, W. (1964). Location and Land Use. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Batty, M. (2009). Accessibility: in search of a unified theory. Environment and Planning B: Planning and Design, 36(0), pp. 191-194.

Biehl, D. (1986). The Contribution of Infrastructure to Regional Development. Final Report. Luxemburgo, Comission of the European Communities.

Calcuttawala, Z. (2006). Landscapes of Information and Consumption: A Location Analysis of Public Libraries in Calcutta. Advances in Library Administration and Organization. 24(0). pp. 319-388.

Cheng, Q. (1999). Spatial and scaling modelling for geochemical anomaly separation. Journal of Geochemical Exploration, 65(3), pp. 175-194.

Cheng, J.; Bertolini, L. i Clercq, F. (2007). Measuring Sustainable Accessibility. Journal of the Transportation Research Board. 2017, pp. 16-25.

- De Maziere, P., Van Hulle, M., 2011. A clustering study of a 7000 EU document inventory using MDS and SOM. *Expert Systems with Applications*, 38(7), pp. 8835-8849.
- Escobar, D. i García, F. (2012a). Territorial accessibility analysis as a key variable for diagnosis of urban mobility: A case study Manizales (Colombia). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 48(0), pp. 1385-1394.
- Escobar, D. i García, F. (2012b). Análisis de accesibilidad a nodos de actividad en Manizales (Colombia). Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- Escobar, D.; García, F. i Tolosa, R. (2013). Análisis de Accesibilidad Territorial a Nivel Regional. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Escobar, D.; Martínez, S. i Moncada, C. (2016a). Relación entre PM10 y Condiciones de Accesibilidad Territorial Urbana en Manizales (Colombia). *Información tecnológica*, 27(6), 273-284.
- Escobar, D.; Tamayo, J. i Holguín, J. (2016b). Propuesta metodológica de evaluación del Transporte Público Colectivo a partir de un análisis de accesibilidad global. Caso de estudio: Manizales y Villamaría – Colombia. *Revista Espacios*, 37(24), 17.
- Geurs, K. i Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*. 12(2), pp. 127-140.
- Gutiérrez, P. J., Monzón de Cáceres, A., i Piñero, J. M. (1994). Accesibilidad a los Centros de Actividad Económica en España. *Revista de Obras Públicas*, 39-49.
- Hansen, W. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73-76.
- Higgs, G.; Langford, M. i Fry, R. (2012). Investigating variations in the provision of digital services in public libraries using network-based GIS models. *Library & Information Science Research*. 35(1), pp. 24-32.
- Huiping, L. i Qiming, Z. (2010). Developing urban growth predictions from spatial indicators based on multi-temporal images. *Computers, Environment and Urban Systems*. 29(0), pp. 580-594.
- Jones, S.R. (1981). Accessibility measures: a literature review. TRRL Report 967, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Kotavaara, O.; Antikainen, H. i Rusanen, J. (2011). Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970–2007. *Journal of Transport Geography*, 19(4), pp. 926-935.
- krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), p. 483–499.
- Loaiza, M.; Holguín, J. i Escobar, D. (2016). Análisis comparativo de alternativas viales entre Manizales y Mariquita (Colombia) a través de un estudio de accesibilidad territorial. *Información tecnológica*, 27(5), 231-242.
- Luo, W. i Wang, F. (2003). Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 30(6), pp. 865-884.
- Mayhew, L. i Leonardi, G. (1982). Equity, efficiency, and accessibility in urban and regional health-care systems. *Environment and Planning A*. 15(12), pp. 1669-1690.
- Martellato, D.; Nijkamp, P. i Reggiani, A. (1995). Measurement and Measures of Network Accessibility. TI 5-95-207, Tinbergen Institute, Amsterdam.
- Morris, J.; Dumble, P.L i Wigan, M. (1978). Accessibility indicators in transport planning. *Transportation Research*, A. 13, pp. 91-109.

- Nelson, T., Rabianski, J., 1988. Consumer Preferences in Housing Market Analysis: An Application of Multidimensional Scaling Techniques. *Real Estate Economics*, 16(2), pp. 138-159.
- Pirie, G. (1979). Measuring accessibility: a review and proposal. *Environment and Planning A*, 11(3), p. 299-312.
- Rietveld, P. i Bruinsma, F. (2012). *Is transport infrastructure effective? Transport infrastructure and accessibility: impacts on the space economy*. Springer Science & Business Media.
- Rietveld, P. i Nijkamp, P. (1993). Transport and regional development. In: J. Polak and A. Heertje, Editors, *European Transport Economics*, European Conference of Ministers of Transport (ECMT), Blackwell Publishers, Oxford.
- Tassinari, P.; Carfagna, E.; Benni, S. i Torreggiani, D. (2008). Wide-area spatial analysis: A first methodological contribution for the study of changes in the rural built environment. *Biosystems Engineering*. 100(3), pp. 435-447.
- Thakuria, P. (2009). Transportation and Employment Accessibility in a changing context of Metropolitan Growth: The Case of Delhi, India. *Sustainable Transportation. An International Perspective*. MIT Journal of Planning, Vol 9, pp 58-80,
- Venegas, F. i Rojas, R. (2009). Teoría y Práctica del Ordenamiento y Manejo Sustentable del Territorio: Tijuana-Rosarito-Tecate, Baja California, México. *Información tecnológica*, 20(3), 73-87.
- Venkatarajan, M., Braun, W., 2001. New quantitative descriptors of amino acids based on multidimensional scaling of a large number of physical-chemical properties. *Molecular modeling annual*, 7(12), pp. 445-453.
- Wang, Y., Monzon, A., i Di Ciommo, F. (2014). Assessing the accessibility impact of transport policy by a land-use and transport interaction model - The case of Madrid. *Computers, Environment and Urban Systems*, 126-135. Recuperado en <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S019897151400043>.
- Younes, C., Escobar, D. i Holguín, J. (2016). Equidad, Accesibilidad y Transporte. Aplicación explicativa mediante un Análisis de Accesibilidad al Sector Universitario de Manizales (Colombia). *Información tecnológica*, 27(3), 107-118.

-
1. Grupo de investigación SIRIUS. Universidad Tecnológica de Pereira. Email: orlando@sirius.utp.edu.co
 2. PhD. en Gestión del territorio e infraestructuras del transporte. Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Email: daescobarga@unal.edu.co
 3. Facultad de Ingeniería. Programa de Ciencias de la computación, Director del Grupo de investigación SIRIUS en la Universidad Tecnológica de Pereira. Email: judaz@sirius.utp.edu.co
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 34) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados