

Análisis de accesibilidad territorial de la región noroccidente de Colombia

Analysis of territorial accessibility of the northwestern region of Colombia

Juan David ZULUAGA [1](#); Diego Alexander ESCOBAR [2](#)

Recibido: 16/08/16 • Aprobado: 12/09/2016

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología de investigación](#)
- [3. Resultados y discusión](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [5. Agradecimientos](#)
- [6. Referencias](#)

RESUMEN:

Todas las regiones del país deben disponer de una red de infraestructuras adecuadas para la movilidad, que puedan soportar los diferentes modos de transporte que por dicha región circulen; lo anterior es fundamental para poder mejorar la calidad de vida de las personas, aumentar la cohesión social y mejorar los índices de equidad. En esta investigación, se implementa un Análisis de Accesibilidad de la zona Noroccidental de Colombia, con el objetivo de analizar la situación actual del Departamento del Chocó, con respecto a los Departamentos adyacentes a él; comparando la cobertura ofrecida por la red de infraestructura de transportes, y la población y el área influenciada.

Palabras clave: Accesibilidad, tiempo de viaje, velocidad de operación, cobertura, modelo de oferta.

ABSTRACT:

All regions of the country should have a network of adequate mobility, which can withstand the different modes of transport that use the infrastructure. This is fundamental to improving the quality of life of people, increasing social cohesion and improving equity indices. In this research, an analysis of accessibility of northwestern Colombia region is done. The target is analyzing the current situation of the Department of Choco, with respect to adjacent departments comparing the coverage offered by the network of transport infrastructure, and population in the study area.

Keywords: Accessibility, travel time, speed operation, coverage, offer models.

1. Introducción

El análisis geo estadístico, que se aborda en el presente documento, se basa en la aplicación de la metodología de accesibilidad territorial urbana (Modelo de oferta del transporte) para la malla vial de la zona Noroccidental de Colombia, con el objetivo de analizar la actualidad de los Departamentos del Chocó, Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima y Valle del Cauca y

compararlo con las coberturas de población y área.

La accesibilidad, desde el punto de vista geográfico, se define como una medida de la facilidad de comunicación entre un conjunto de actividades definidas o asentamientos humanos, usando uno o varios modos de transporte (Morris, J et al: 1978); la definición más clásica de accesibilidad es la aportada por Hansen, W (1959) "... *the potencial of opportunities for interaction.*". Los orígenes del término se remontan a los años 20' cuando se abordó en áreas como la teoría de la localización y el planeamiento económico regional (Batty, M. 2009), convirtiéndose en un ELEMENTO PRIMARIO DE PLANIFICACIÓN URBANA, mediante el cual se establecían criterios cuantitativos para la determinación del futuro uso de suelo, con lo cual se buscaba el lograr un mayor bienestar social mediante la adecuada planificación sectorial (Kibambe, L. et al: 2013).

La accesibilidad es considerada como una importante variable de competitividad entre las regiones (Biehl, D. 1991:9-35), encontrando que las poblaciones más accesibles son las que han referido a través del tiempo un mayor éxito económico, existiendo investigaciones que buscan la relación entre accesibilidad y desarrollo económico (Ribeiro, A. et al: 2011), identificándose que el mejoramiento de las infraestructuras de transporte les convierte en un elemento clave en la búsqueda de un mejor desarrollo y bienestar económico (Holl, A. 2007).

Existen diferentes tipos de análisis de accesibilidad que permiten abordar criterios relacionados con: distribución espacial de las actividades económicas (KRUGMAN, P.1991; FUJITA, M. et al: 1999); desarrollo económico (RIETVELD, P. et al: 1993; VICKERMAN R, et al :1999; MACKINNON, D. et al: 2008; RIETVELD, P. et al: 2012); localización y prestación de servicios (CALCUTTAWALA, Z. 2006; HIGGS, G. et al: 2012; PARK, S. 2012); sostenibilidad (CHENG, J. et al: 2007; VEGA, A. 2011; ESCOBAR, D. et al: 2013); agricultura y recursos naturales (GELLRICH, M. et al: 2007; TASSINARI, P. et al: 2008; ARCIDIACONO, C. et al: 2010); densidad poblacional, plusvalía y crecimiento urbano (ALONSO, W. 1964; Liu, H. et al: 2010; KOTAVAARA, O. et al: 2011); operatividad de modos de transporte (GEURS, K. et al 2004; ESCOBAR, D. et al: 2015), exclusión social (PRESTON, J. et al: 2007); cohesión social (SCHÜRMAN, C. et al: 1997); redes sociales (SAILER, K. et al: 2012); turismo (KASTENHOLZ, E. et al: 2012); geomarketing (GEURS, K. et al: 2001), entre otros campos.

Para este estudio se usó un Sistema de Información Geográfica (SIG) que recogió la información de la red vial actual de los departamentos, en donde, al relacionar dichos datos con las características operativas de la red de infraestructuras del transporte y con información sociodemográfica, se logró generar el análisis de cobertura espacial en relación con las variables área, y población.

Utilizando las capacidades de visualización geoespacial del SIG y el software geoestadístico, se calcularon las curvas isócronas de accesibilidad que fueron base para los estudios de cobertura geoespacial de las dos variables principales mencionadas. A pesar de que en Colombia, la accesibilidad ha sido una medida poco usada, dado el desconocimiento del verdadero potencial que posee un análisis de este tipo, ya se poseen algunos ejemplos reales de aplicación de estas metodologías, tanto a nivel regional (Escobar, D et al: 2013) como urbano (Escobar, D. et al: 2012).

2. Metodología de investigación

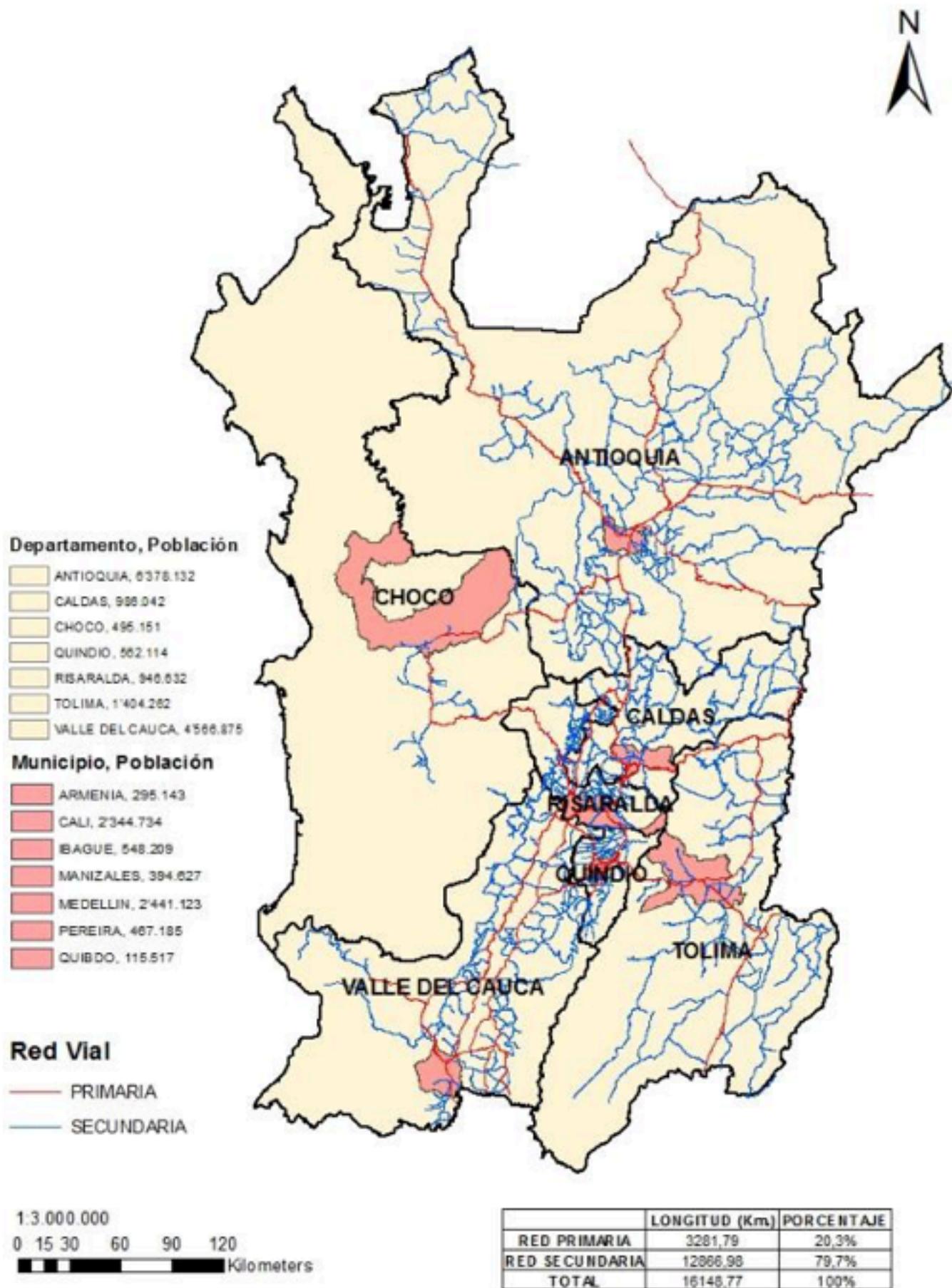
La metodología aplicada en este estudio se compone de seis etapas principales: La primera, es la relacionada con la consecución y puesta a punto de toda la red de infraestructuras de transporte de los departamentos que pertenecen a la Zona Noroccidental Colombiana; la segunda se relaciona con la definición de las velocidades de operación promedio sobre los arcos; la tercera es la relacionada con el cálculo de la Accesibilidad Media Global ofrecida por la red de infraestructuras de transporte; la cuarta es la relacionada con el cálculo de la Accesibilidad Media Integral desde el Municipio de Quibdó, capital del Departamento del Chocó; la quinta etapa se relaciona con los cálculos del tiempo de viaje ponderado por el área a nivel

departamental; y la sexta etapa refiere el cálculo de los porcentajes de área y población que son cubiertas por las curvas de tiempo medio de viaje obtenidas del análisis de accesibilidad.

2.1. Actualización y validación de la red de infraestructuras del transporte en el área de estudio

Con el fin de hacer un análisis más detallado de la red vial de la región Noroccidente de Colombia y del Departamento del Chocó, se contó con información georreferenciada de parte del IGAC, la cual fue posible cargar en un sistema de información geográfico; la red vial de la región Noroccidente de Colombia se presenta en la Figura 1 en ésta se observa la clasificación vial según la categoría de la vía en red primaria (Líneas rojas) y red secundaria (líneas azules). El área total de la zona en estudio es de aproximadamente 169 mil kilómetros cuadrados.

Figura 1. Región Noroccidente de Colombia



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la red vial en el SIG, fue posible conocer que la longitud total de la red vial en la región Noroccidente de Colombia es de 16.148,8 Km, de los cuales en el Departamento de Chocó se tienen 610,7 Km (4%); en el Departamento de Antioquia hay 6.309,9 Km (39%), en el Departamento de Caldas hay 1.745,6 Km (11%), en el Departamento de Risaralda hay 1.183,2 Km (7%), en el Departamento de Quindío hay 654,1 Km (4%), en el Departamento del Tolima hay 3.064,1 Km (19%) y en el Departamento de Valle del Cauca hay 2.581,1 Km (16%).

Por otra parte se establece que el área del Departamento del Chocó asciende aproximadamente a 47.800 Km², lo cual arroja un índice de kilómetros de carretera por área de 0,01 Km/Km², valor extremadamente bajo si se compara con el que refiere toda Colombia (1,2 Km/Km²) y con el referido para los países latinoamericanos (2,5 Km/Km²).

Colombia se caracteriza entonces por presentar unas grandes deficiencias en calidad de la infraestructura vial secundaria, encontrando que la situación es aún peor con la calidad de la infraestructura en la red terciaria, situación que se refleja también en el caso particular del Departamento del Chocó.

2.2. Definición de Velocidades de operación

De forma general, se tiene que los cálculos geo estadísticos presentados en este documento, asumen de forma hipotética velocidades promedio sobre corredores dependiendo de la categoría de los mismos, así: Red Principal 60 Km/h, Red Secundaria 40 Km/h y Red Terciaria o Local 30Km/h, Red restringida 20 Km/h, y tomando como hipótesis que la velocidad de operación corresponde al 85% de las velocidades mencionadas para cada categoría.

2.3. Cálculo de la Accesibilidad Media Global

Ésta se analizó a partir del vector de tiempo medio de viaje (T_{vi}), el cual representa el tiempo promedio de viaje desde el nodo i hasta los demás nodos de la red. Para el cálculo, se utilizó un algoritmo del SIG que permite calcular la menor impedancia (camino mínimo) entre un nodo específico y los demás nodos de la red, conformando una matriz unimodal de impedancias.

A través de esta matriz y conociendo la velocidad de operación promedio de cada arco, se elaboró la matriz de tiempos promedios mínimos de viaje, en la que se minimiza el tiempo medio de viaje entre todos y cada uno de los nodos que conforman la red en estudio. Una vez determinada la matriz de tiempos promedios mínimos de viaje, se obtuvo el vector de tiempo promedio de viaje (T_{vi} , Ec.1). Donde, T_{vi} = tiempo de viaje mínimo promedio entre el nodo i y los demás nodos de la red; n = número de nodos de la red.

$$\overline{T}_{vi} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{vij}}{(n-1)} \quad i = 1,2,3, \dots, n ; j = 1,2,3, \dots, m \quad (1)$$

El vector de tiempo medio de viaje obtenido ($n \times 1$), se relaciona con las coordenadas geográficas (longitud y latitud) de cada uno de los nodos, con el fin de generar una matriz de orden ($n \times 3$), por medio de la cual se generaron las curvas isócronas de tiempo promedio de viaje para el análisis de la Accesibilidad Media Global, tanto para la situación actual como para la situación con cada una de las alternativas en estudio. Se usó el Método de kriging ordinario con semivariograma lineal como modelo de predicción de los tiempos medios de viaje.

2.4. Análisis de Accesibilidad Media Integral

Con ayuda del SIG y Utilizando el algoritmo para minimizar la impedancia entre nodos, se obtiene una matriz ($m \times n$), donde m es el número total de los nodos y n es el número de nodos que se tiene como objetivo. Para obtener el vector medio de tiempo de viaje, se divide la suma de viajes por el número de nodos objetivo, n (T_{vi}). Este vector se relaciona con las coordenadas geográficas (longitud y latitud) de cada uno de los nodos, con el fin de generar una matriz de orden ($n \times 3$), por medio de la cual se generaron las curvas isócronas de tiempo promedio de viaje para el análisis de la Accesibilidad Media Integral.

2.5. Análisis sociodemográfico

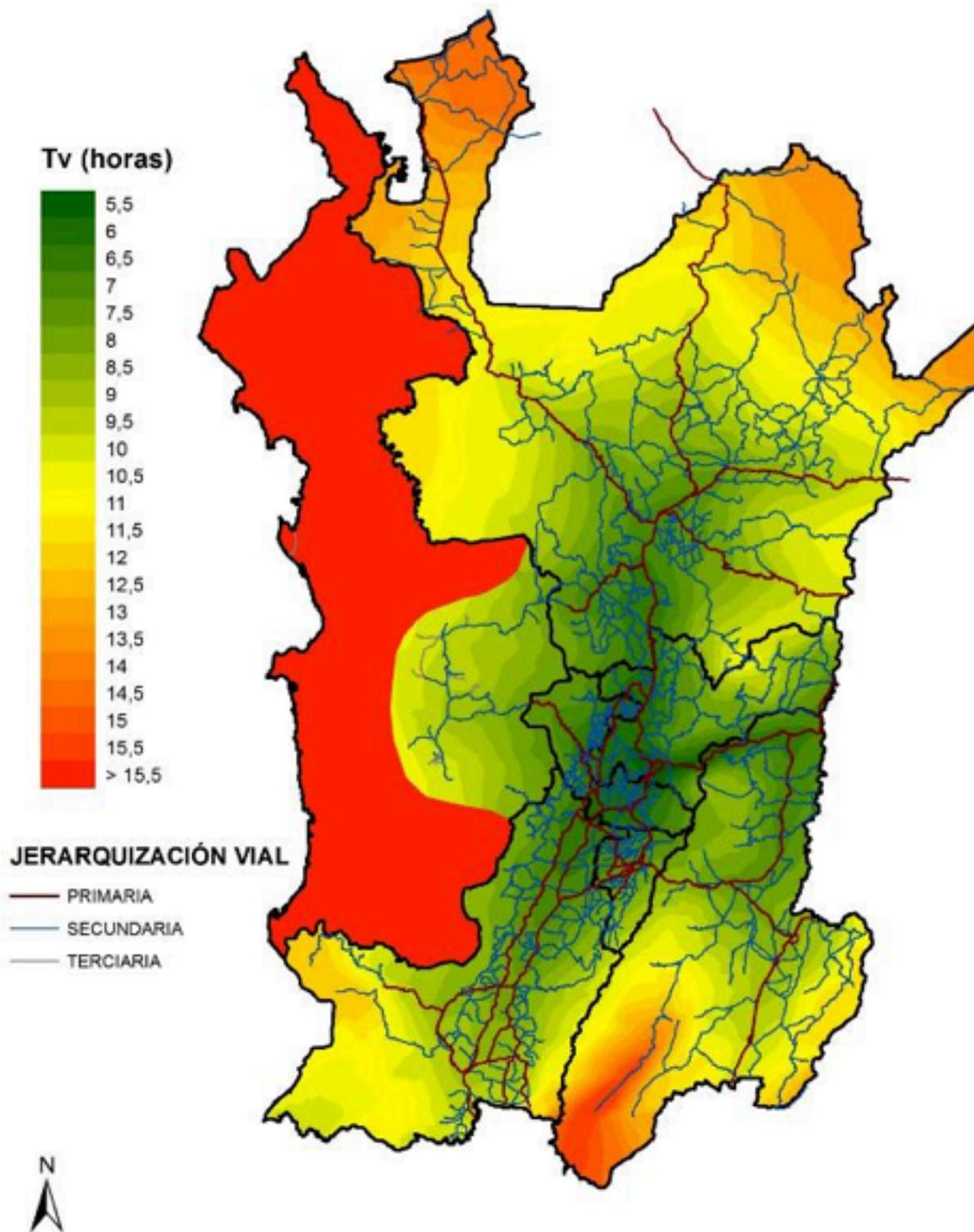
Según el Censo del año 2005 realizado por el DANE, se tienen las poblaciones proyectadas al año 2014; se puede observar que las mayores poblaciones en la región noroccidental del país a nivel municipal se dan en las ciudades de Cali y Medellín en donde superan los dos millones de habitantes representando el 35,5 % y 37,0 % del total de la población de las capitales en esta región, mientras Quibdó es el municipio con menor cantidad de habitantes llegando a alcanzar

los 115.000 habitantes. De manera similar, los departamentos con mayores poblaciones proyectadas para este año son Antioquía con 6.378.132 habitantes y Valle del Cauca con 4.566.875 habitantes (41,6% y 29,8% del total de la región respectivamente), mientras que Chocó representa el 3,2% del total de la población de la región noroccidental con poco menos de 500.000 habitantes.

3. Resultados y discusión

A nivel global, Se obtuvieron las curvas isócronas presentadas en la Figura 2, en las cuales se observa que las zonas más accesibles se ven influenciadas por la densidad de la red vial principal y secundaria en los departamentos de Quindío, Risaralda, Valle del Cauca, Caldas y Antioquia, con una expansión de las curvas desde el centro de la región hacia la periferia de la misma.

Figura 2. Accesibilidad Media Global. Curvas de tiempo medio de viaje en la Región Noroccidental Colombiana

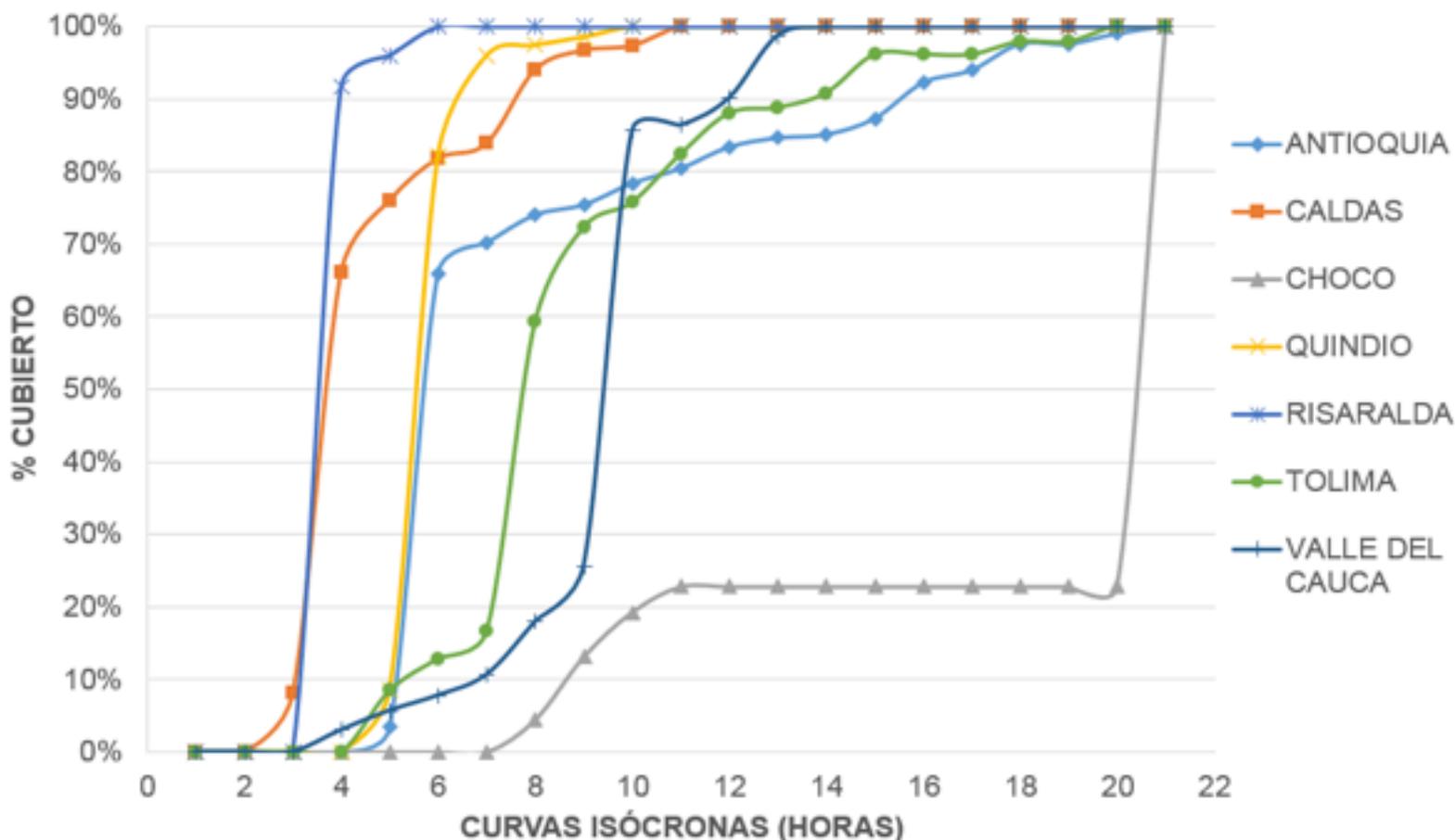


Fuente: Cálculo de los autores.

Las curvas expresan los tiempos medios de viaje, tomando el promedio de todos los nodos de

la red vial contra todos los nodos de la misma; se observa que estos tiempos se encuentran entre 5,5 horas y 15,5 horas para la mayor parte de la región estudiada, encontrando que un gran porcentaje del Departamento del Chocó refiere valores de tiempo medio de viaje superiores a las 15,5 horas, lo cual sucede por la inexistencia de infraestructura vial como tal. Es posible realizar un análisis acumulado de porcentajes de cobertura a medida que aumenta el tiempo medio de viaje, los resultados de este análisis acumulado se observan en la Figura 3, en donde se muestran las ojivas porcentuales para la variable población.

Figura 3. Tiempo medio de viaje Vs % de cobertura acumulado para la población en la Región Noroccidental Colombiana.

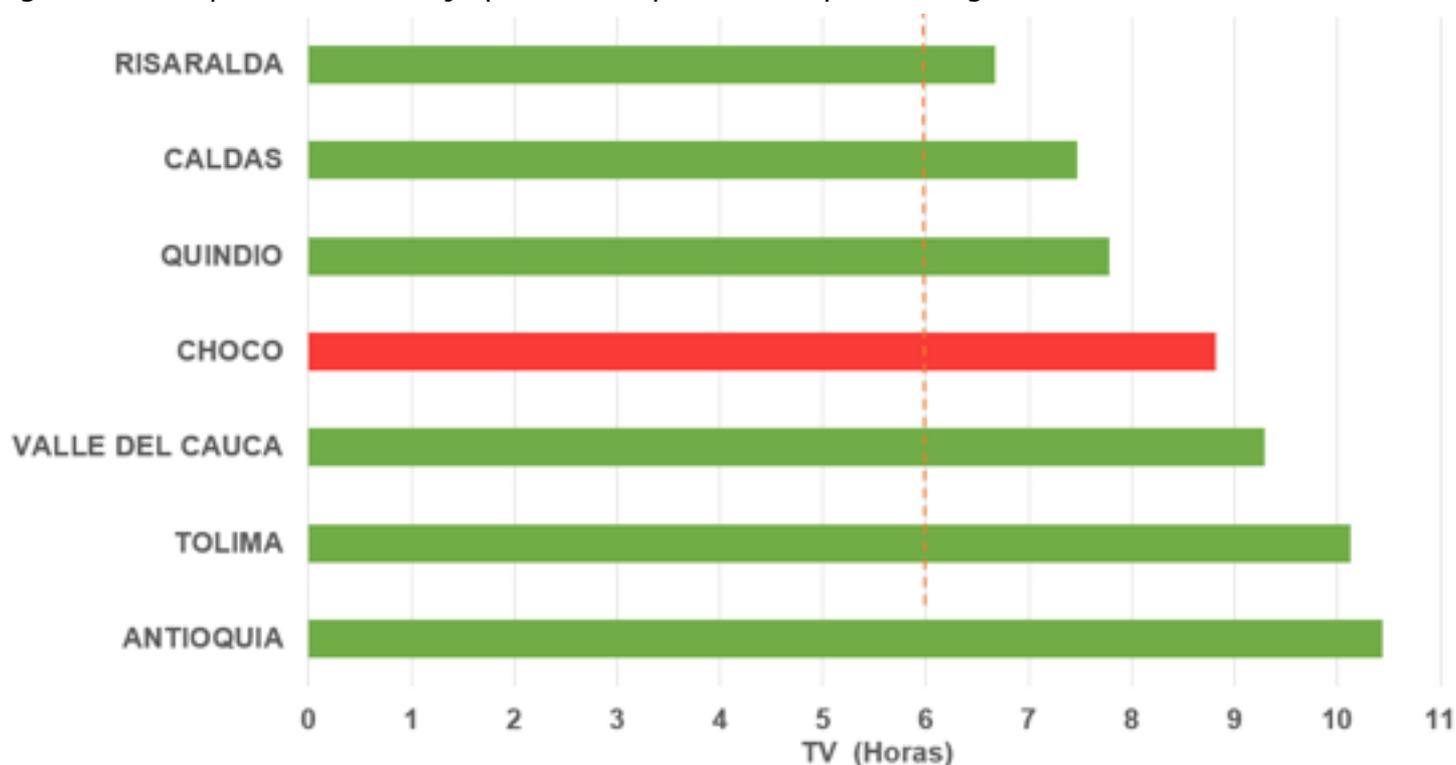


Fuente: Cálculo de los autores.

Se concluye que en la Región Noroccidental Colombiana, Risaralda es el departamento que refiere una mejor accesibilidad en relación a los demás departamentos de la región pues con aproximadamente 7 horas de tiempo promedio de viaje se cubre el 100% de la población. Por su parte, el departamento de Chocó es el que refiere una mayor deficiencia en términos de accesibilidad, pues por su escasa red vial el porcentaje de población cubierta es pequeño, lo que se explica con la baja pendiente de la curva correspondiente a este departamento. Este indicador establece una clara necesidad de desarrollo de nuevas y mejores infraestructuras, para fortalecer la parte social del Departamento del Chocó. También es posible observar que la mayoría de departamentos tienen una pendiente positiva bastante pronunciada, lo que indica que el porcentaje de cobertura de la población se presenta rápidamente en intervalos cortos de tiempo, indicando una mayor densidad de municipios y de población en ciertos sectores de la región, como las capitales de los departamentos y cabeceras municipales.

A partir de la información demográfica y con la división político administrativa de los departamentos analizados, es posible calcular el tiempo medio de viaje ponderado por el área para cada uno de los siete departamentos, encontrando que este valor asciende a 8,66 horas. En la Figura 4 se observa el tiempo medio de viaje ponderado por el área para cada uno de los departamentos del área de estudio; se tiene que el departamento de Chocó refiere un valor de 8,82 horas como tiempo medio de viaje ponderado, pero este tiempo es sólo representativo para la zona del departamento donde existe red vial, es decir una parte del municipio de Quibdó y los municipios de Bagadó, el Carmen de Atrato, Tadó, Condoto, Rio Iro, Lloro, Certegui, Unión Panamericana, Atrato y Cantón del San Pablo.

Figura 4. Tiempo medio de viaje ponderado por el área para la región Noroccidental Colombiana.

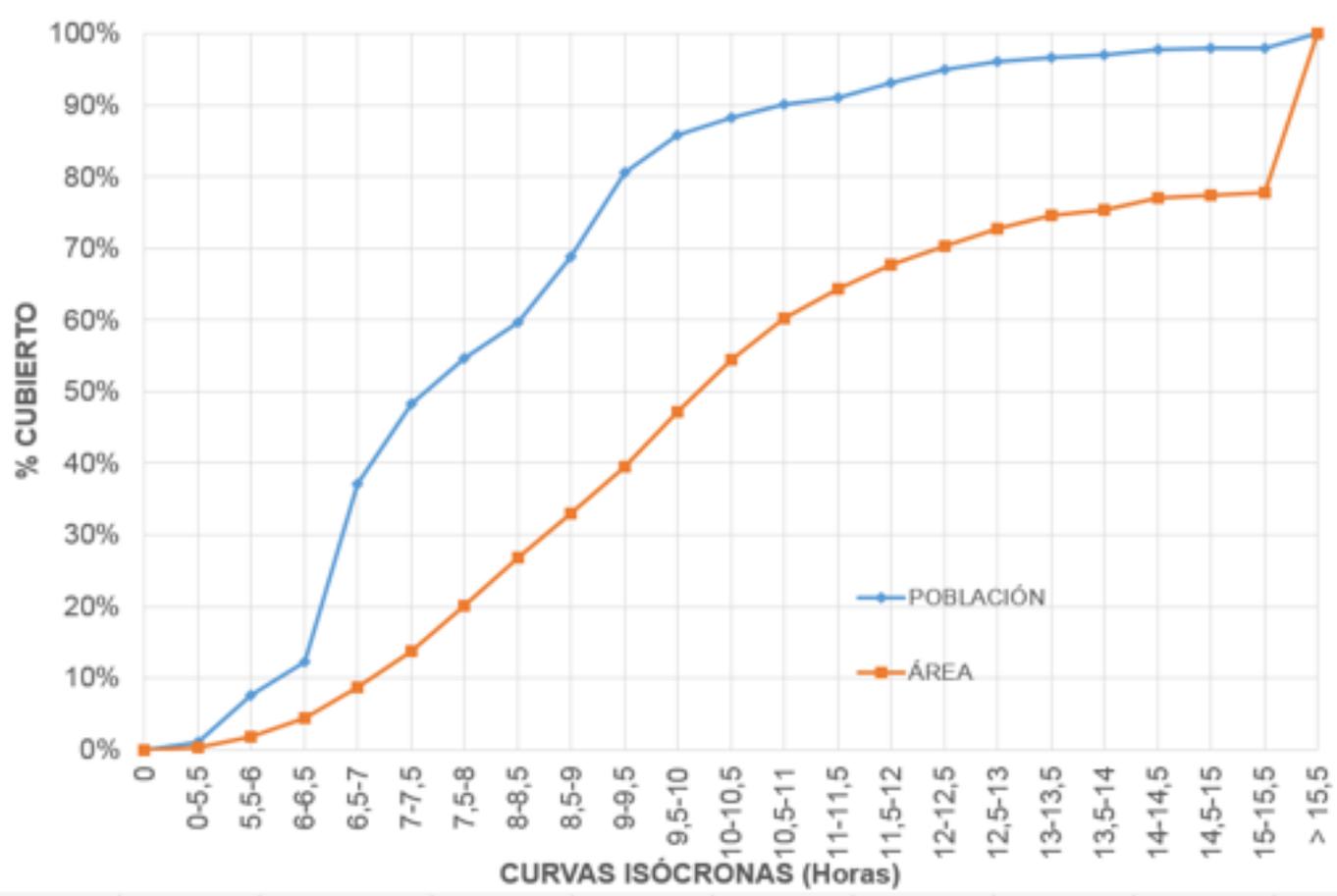


Fuente: Cálculo de los autores.

Por otra parte, se aprecia en la Figura 5 la ojiva porcentual de área y población cubiertas por las curvas isócronas. Es posible concluir que el 25% del área se cubre con 8,5 horas, mientras que el 25% de la población se cubre con 6,75 horas. El 50% del área se cubre con más de 10 horas y el 50% de la población se cubre con un poco más de 7,5 horas.

A nivel integral, es posible realizar el estudio de cobertura de la población respecto a los tiempos medios de viaje calculados teniendo como origen el casco urbano del Municipio de Quibdó. En la Figura 6 se observan las curvas isócronas de Accesibilidad Media Integral. Se resalta cómo la Región Noroccidental Colombiana se encuentra cubierta por curvas entre 0,5 horas y 18 horas, así como un área cubierta por valores superiores a las 18 horas en los municipios del Departamento de Choco, en los cuales no existe infraestructura vial.

Figura 5. Curva porcentual de área y población cubiertas por las curvas isócronas para la Región Noroccidental Colombiana.

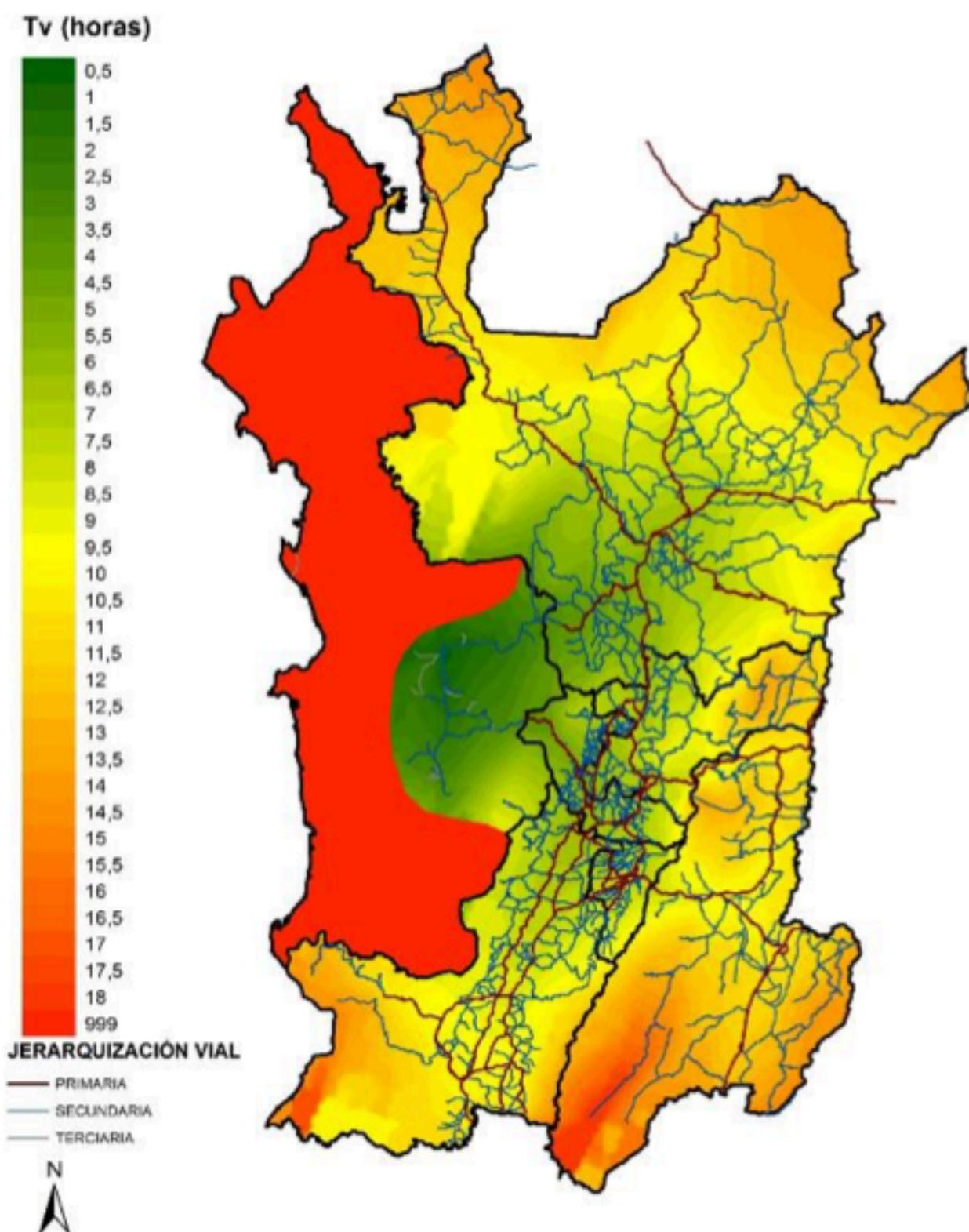


Fuente: Cálculo de los autores.

Con el fin de analizar los resultados de cobertura, se calculó la ojiva porcentual de cobertura acumulada de la población relacionada con la accesibilidad media integral desde la cabecera municipal de Quibdó. En la Figura 7 se observan los resultados de cobertura obtenidos; la ojiva porcentual representa la población que cubre las curvas isócronas de tiempo medio de viaje de la región Noroccidental Colombiana.

Se puede concluir que en la región Noroccidental Colombiana, las personas que habitan los municipios del Departamento del Chocó que poseen red vial son los más accesibles al casco urbano de Quibdó, lo cual es un resultado lógico dada la metodología de análisis, esto explica la primera parte de la curva correspondiente a este departamento (línea gris), donde se convierte constante el porcentaje cubierto representando la zona del departamento en la cual no existe red vial y por lo tanto no hay cobertura de población en relación con las demás curvas isócronas.

Figura 6. Accesibilidad Media Integral. Curvas de tiempo medio de viaje en la Región Noroccidental Colombiana a partir de la cabecera municipal de Quibdó.

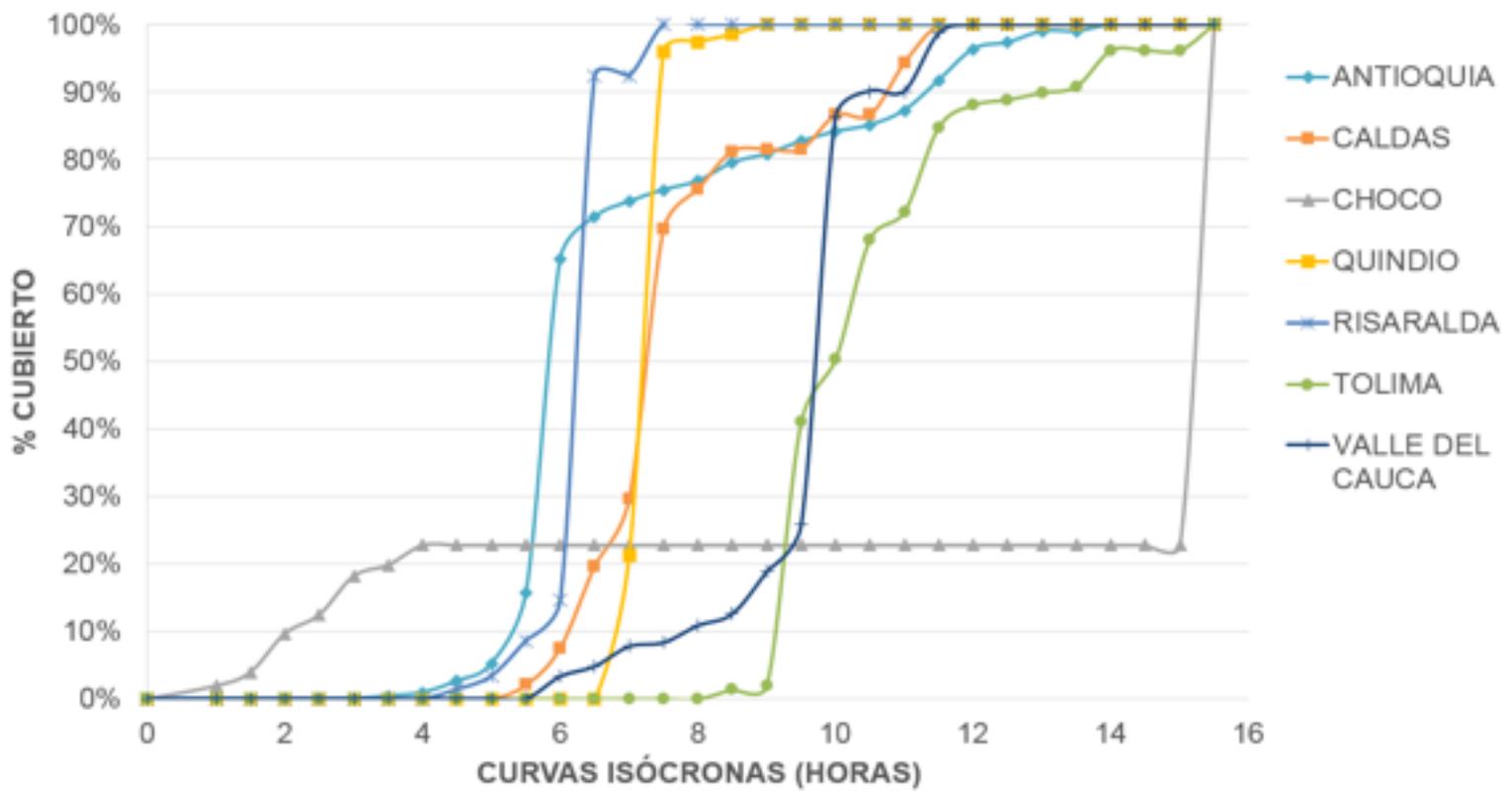


Fuente: Cálculo de los autores.

Los departamentos de Risaralda y Quindío son los primeros en cubrir el 100% de su población con tiempo de viaje 7,5 y 9 horas respectivamente, lo cual sucede dadas las condiciones de área y densidad poblacional en los mismos.

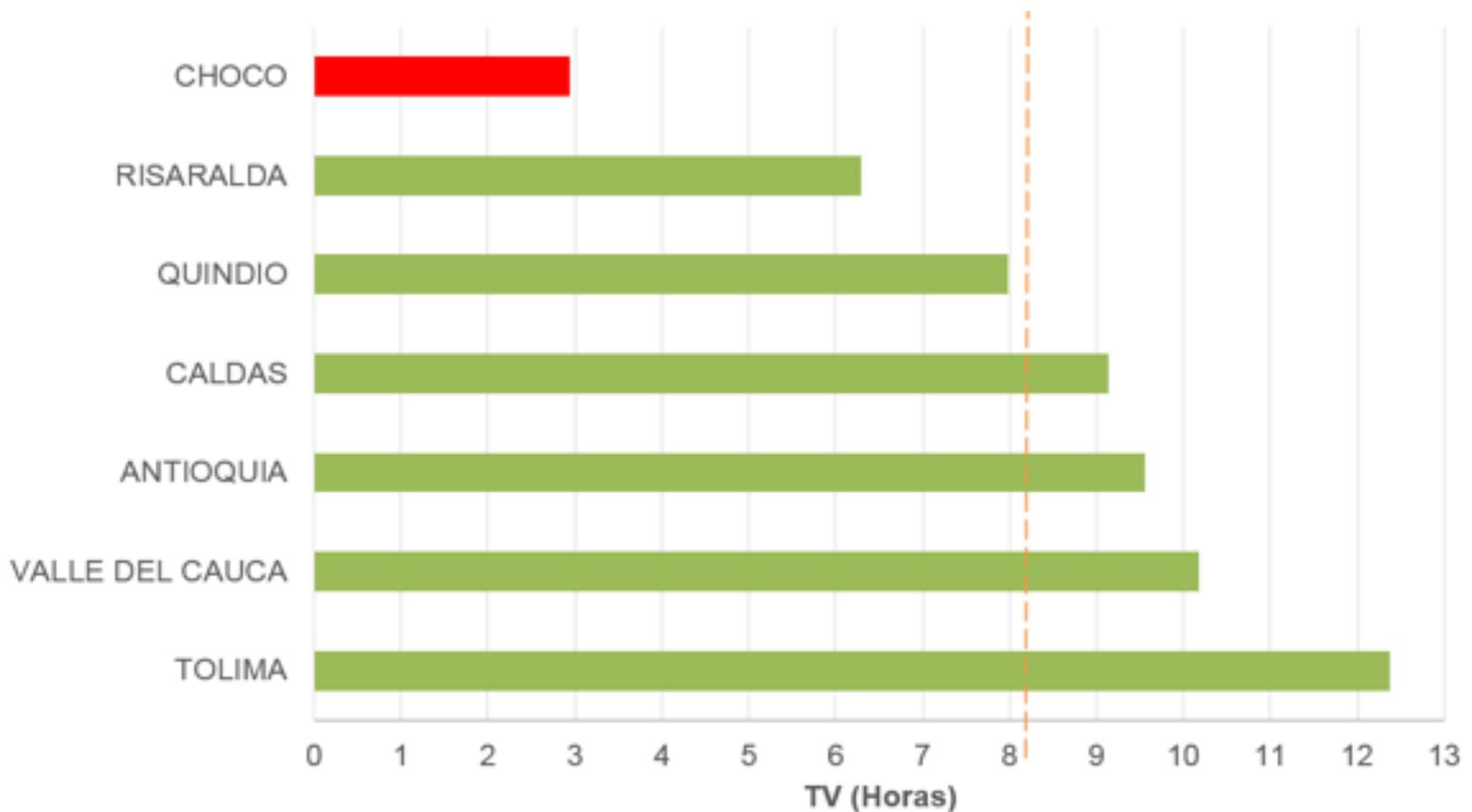
En la Figura 8 se observa el tiempo medio de viaje para acceder a Quibdó ponderado por el área para cada uno de los departamentos de la región; se resalta que en el departamento de Chocó sólo se tomaron los municipios para los cuales son representativos los cálculos de accesibilidad, es decir, la zona del departamento donde existe red vial, Bagadó, el Carmen de Atrato, Tadó, Condoto, Rio Iro, Lloro, Certegui, Unión Panamericana, Atrato y Cantón del San Pablo.

Figura 7. Tiempo medio de viaje Vs % de cobertura acumulado para la población en la región Noroccidente de Colombia desde la cabecera municipal de Quibdó.



Fuente: Cálculo de los autores.

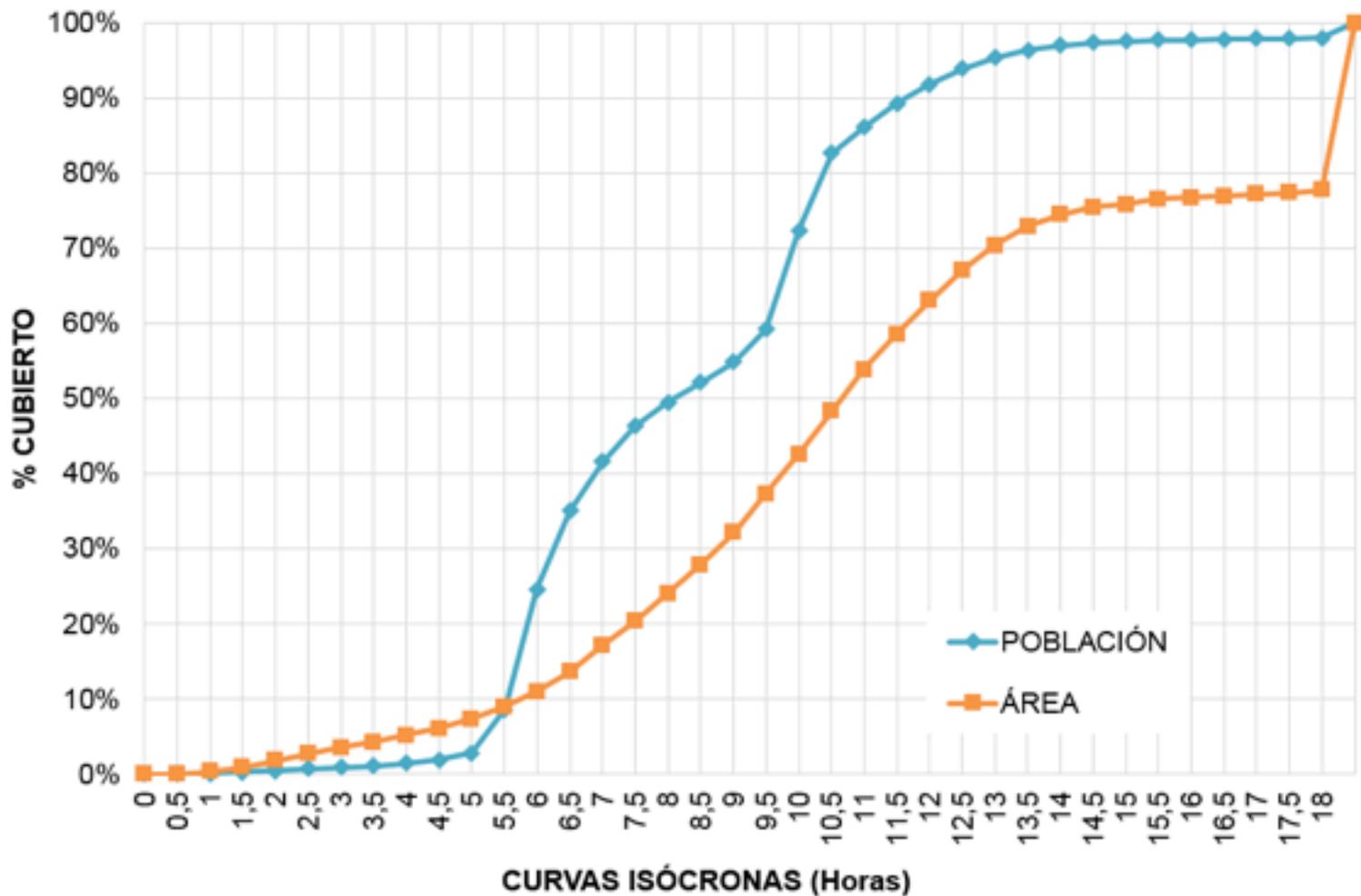
Figura 8. Tiempo medio de viaje medido desde la cabecera municipal de Quibdó ponderado por el área para la región Noroccidental de Colombia.



Fuente: Cálculo de los autores.

Se aprecia en la Figura 9 la ojiva porcentual de área y población cubiertas por las curvas isócronas. El 25% del área se cubre a las 8 horas de tiempo medio de viaje desde la cabecera municipal de Quibdó, mientras que el 25% de la población se cubre invirtiendo 6 horas; por su parte, el 50% del área se cubre invirtiendo 10,5 horas y el 50% de la población se cubre invirtiendo 8 horas de tiempo medio de viaje. Lo anterior permite concluir que es partir de las 5 horas de tiempo medio de viaje cuando se comienzan a detectar poblaciones con concentraciones de población, es decir, una mayor densidad poblacional, mientras que en tiempos medios de viaje menores a dicho valor, la generalidad es una densidad poblacional mucho menor, situación bastante común en el entorno más cercano a la cabecera municipal de

Figura 9. Curva porcentual de área y población cubiertas por las curvas isócronas para la Región Noroccidental Colombiana



Fuente: Cálculo de los autores.

4. Conclusiones

A nivel regional se observa una mayor densidad vial en la zona andina, teniendo que la región a lo largo del Pacífico norte carece de este tipo de infraestructura del transporte, lo anterior hace que las posibilidades de penetración hacia el sector noroccidente de Colombia, vía terrestre, sean mucho más difíciles que por otro modo; así mismo, dicha situación se refleja cada día más en la brecha social que esta región muestra en relación con la región andina.

Se concluye que en la Región Noroccidental Colombiana, Risaralda es el departamento que refiere una mejor accesibilidad en relación a los demás departamentos de la región pues con aproximadamente 7 horas de tiempo promedio de viaje se cubre el 100% de la población. Por su parte, el departamento de Choco es el que refiere una mayor deficiencia en términos de accesibilidad, pues por su escasa red vial el porcentaje de población cubierto es pequeño.

El Departamento del Chocó es uno de los departamentos más atrasados en desarrollo, y se demuestra a través de este análisis por la falta de vías importantes, sin mencionar otros aspectos que afectan directamente el desarrollo.

Se recomienda a las entidades encargadas de los procesos de planificación, la realización y evaluación de Estudios de impacto de las infraestructuras a construir, en base a análisis de Accesibilidad Territorial, ya que sería posible evaluar el impacto puntual que generan las infraestructuras y con ello priorizar la ejecución de las mismas. (ESCOBAR y GARCIA 2012).

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los estudiantes pertenecientes al semillero de investigación en Movilidad Sostenible y al Semillero de investigación en Planificación de Urbana

Referencias

- ARCIDIACONO, C; PORTO, SMC (2010). Model to manage crop-shelter spatial development by multi-temporal coverage analysis and spatial indicators. *Biosystems Engineering*. Vol.107, p. 107-122.
- 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*. Vol. 36, p. 191-194.
- BIEHL, D. (1991). The role of infrastructure in regional development. (Pion, Ed.) *Infrastructure and Regional Development*, p. 9-35.
- CALCUTTAWALA, Z. (2006). Landscapes of Information and Consumption: A Location Analysis of Public Libraries in Calcutta, in Edward D. Garten, Delmus E. Williams, James M. Nyce. Edition 24th. (Advances in Library Administration and Organization, Volume 24), Emerald Group Publishing Limited. P. 319-388.
- CHENG, J., BERTOLINI, L. & CLERCQ, F. (2007). Measuring Sustainable Accessibility. *Transportation research Board: Journal of the Transportation Research Board*. Vol. 2017, p. 16-25.
- ESCOBAR, D.; GARCÍA, F. Territorial Accessibility Analysis as a Key Variable for Diagnosis of Urban Mobility: A Case Study Manizales (Colombia). *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [on line] 2012, vol. 48. n0 [citado 21 diciembre 2015], p. 1385-1394. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/>. DOI:10.1016/j.sbspro.2012.06.1114
- ESCOBAR D.; GARCÍA F.; TOLOSA R. (2013); "Análisis de Accesibilidad Territorial a Nivel Regional". Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 1 (1).
- FUJITA, M., KRUGMAN, P., & VENABLES, A. (1999). *The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade*. Cambridge, MA: MIT Press.
- GELLRICH, M. & ZIMMERMANN, N. (2007). Investigating the regional-scale pattern of agricultural land abandonment in the Swiss mountains: A spatial statistical modelling approach. *Landscape and Urban Planning*. Vol.79, p. 65-76.
- GEURS, K., & RITSEMA VAN ECK, J. (2001). Accessibility Measures: Review and Applications. Evaluation of Accessibility Impacts of Land-use Transport Scenarios, and Related Social and Economic Impacts. [citado el 04 de 08 de 2011], de National Institute of Public Health and the Environment. Disponible en <<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/408505006.pdf>>
- GEURS, K., & VAN WEE, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*. Vol.12 (2), p. 127-140.
- HANSEN, W. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*. Vol. 25 (2), p. 73-76.
- HIGGS, G.; LANGFORD, M. y FRY, R. (2012). Investigating variations in the provision of digital services in public libraries using network-based GIS models. *Library & Information Science Research*.
- HOLL, A. (2007). Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building program. *Journal of Transport Geography*. Vol.15 (4), p. 286-297.
- KASTENHOLZ, E., EUSÉBIO, C., FIGUEIREDO, E. & LIMA, J. (2012). Accessibility as Competitive Advantage of a Tourism Destination: The Case of Lousã, in *Field Guide to Case Study Research in Tourism, Hospitality and Leisure* (Advances in Culture, Tourism and Hospitality Research, Volume 6, K.F. Hyde, C. Ryan and A.G. Woodside (ed.)), Emerald Group Publishing Limited, p. 369-385.
- KIBAMBE, L.; RADOUX, J. y DEFOURNY, P. (2013). Multimodal accessibility modeling from

- coarse transportation networks in Africa, *International Journal of Geographical Information Science*. Vol.27 (5), p. 1005-1022.
- KOTAVAARA, O., ANTIKAINEN, H., & RUSANEN, J. (2011). Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970–2007. *Journal of Transport Geography*, Vol. 19(4), p. 926-935.
- KRUGMAN, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, Vol.99(3), p. 483–499.
- LIU, H. y ZHOU, Q. (2005). Developing urban growth predictions from spatial indicators based on multi-temporal images. *Computers, Environment and Urban Systems*. Vol.29, p. 580-594.
- MACKINNON, D., PIRIE, G., & GATHER, M. (2008). Transport and economic development. En R. Knowles, J. Shaw, & I. Docherty (Edits.), *Transport Geographies: Mobilities, Flows and Spaces* p. 10-28. Oxford: Blackwell Publishing.
- MORRIS, J., DUMBLE, P. & WIGAN, M. (1978). Accessibility indicators in transport planning. *Transportation Research, A*. Vol. 13, p. 91-109.
- PARK, S. (2012). Measuring public library accessibility: a case study using GIS. *Library & Information Science Research*. Vol.34 (1), p. 13-21.
- PRESTON, J.; RAJÉ, F. Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography* [on line] 2007, vol. 15 n3. [citado 11 septiembre 2015], p. 151-160. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com>. DOI: [10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002)
- RIBEIRO, A. & SILVA, J. (2011). Space, development and accessibility between Portugal and Spain: the last frontier, *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, vol 27, p.7-14.
- RIETVELD, P.; BRUINSMA, F. (2012); "Is transport infrastructure effective?: transport infrastructure and accessibility: impacts on the space economy". Springer Science & Business Media.
- RIETVELD P. & 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.
- SAILER, K., MARMOT A. & PENN, A. (2012). Spatial Configuration, Organisational Change and Academic Networks. ASNA 2012 – Conference for 'Applied Social Network Analysis', Zürich, Switzerland, p. 4-7.
- SCHÜRMAN, C., SPIEKERMANN, K. & WEGENER, M. (1999). Accessibility indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 39, IRPUD, Dortmund.
- TASSINARI, P; CARFAGNA, E; BENNI, S & TORREGGIANI, D. (2008). Wide-area spatial analysis: A firsts methodological contribution for the study of changes in the rural built environment. *Biosystems Engineering*. Vol. 100, p. 435-447.
- VEGA, A. (2011). A multi-modal approach to sustainable accessibility in Galway. *Regional Insights*. Vol.2(2), p. 15-17.
- VICKERMAN, R., SPIEKERMANN, K. & WEGENER, M. (1999). Accessibility and economic development in Europe. *Regional Studies*, Vol. 33, p. 1-15.

1. Especialista en Vías y Transportes. Estudiante de la Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: judzuluagaga@unal.edu.co

2. PhD. en Gestión del Territorio e infraestructuras del transporte. Director Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: daescobarga@unal.edu.co
