

Artículo original

MAGNITUD Y CONFIGURACIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL ACCIDENTE CEREBRO VASCULAR ISQUÉMICO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.: EL CASO DE LA CLÍNICA UNIVERSITARIA COLOMBIA

María Alejandra Palacios¹, Iván Felipe Pradilla², Paola Polo³, Javier Enrique Macea⁴

1. Médico MSc en Epidemiología. Instructor Asociado Unidad de Investigación, Fundación Universitaria Sanitas, Bogotá D.C., Colombia.

2. Médico MSc en Epidemiología. Grupo de Neurociencias de la Universidad del Rosario (NeUros), Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá D.C., Colombia.

3. Médico Especialista en Anestesiología, Clínica Santa María del Lago. MSc en epidemiología Universidad del Rosario, Bogotá D.C., Colombia.

4. Médico Especialista en Neurología. MSc en epidemiología Universidad del Rosario, Bogotá D.C., Colombia.

Este artículo contiene resultados parciales del trabajo de investigación que ganó la XX versión del Premio Internacional de Investigación en Ciencias de la Salud Juan Jacobo Muñoz, mostrando el caso particular de la Clínica Universitaria Colombia, empresa que pertenece al grupo Keralty.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la magnitud y configuración del área de influencia de la Clínica Universitaria Colombia, centro de manejo integral del Accidente Cerebro Vascular isquémico en Bogotá D.C. **Métodos:** Se seleccionaron aleatoriamente centroides de las manzanas censales de Bogotá correspondientes al censo DANE del 2005. De acuerdo con datos oficiales, se escogieron tres condiciones de tráfico entre semana y en fines de semana. Utilizando la Interfaz de Programación de Aplicaciones de Matriz de Distancia de Google®, se solicitó el tiempo de desplazamiento en tráfico desde cada punto a la Clínica Universitaria Colombia. Se

Recibido: 6 de marzo de 2020

Aceptado: 11 de marzo de 2020

Correspondencia: mapalaciosar@unisanitas.edu.co

construyeron mapas ráster utilizando *kriging* universal y se asignaron tiempos de llegada a cada manzana censal. Utilizando estos valores se construyeron mapas coropléticos y se calcularon áreas y poblaciones de cobertura. **Resultados:** Se muestreó un total de 2.850 puntos entre semana y 1.420 los fines de semana, en tres momentos distintos, para un total de 12.810 tiempos de transporte. Las magnitudes del área de tiempo de transporte idealizado y de la población cubierta en ella mostraron reducciones de las mejores a las peores condiciones de 61,5% y 71,58%, respectivamente. Se identificaron grandes áreas con tiempos de transporte a la Clínica Universitaria Colombia que exceden el límite de 30 minutos, predominantemente en el norte, sur y oeste de la ciudad. **Conclusiones:** Las condiciones del tráfico afectan significativamente el área de cobertura y la población cubierta de la Clínica Universitaria Colombia, centro capaz de ofrecer atención integral para el accidente cerebrovascular en la ciudad de Bogotá.

Palabras clave: Procedimientos Endovasculares; Accidente Cerebrovascular; Análisis Espacial; Transporte de Pacientes.

DOI: <https://doi.org/10.26852/01234250.47>

MAGNITUDE AND CONFIGURATION OF CATCHMENT AREAS FOR INTEGRAL STROKE CARE IN BOGOTÁ D.C.: THE CASE OF CLÍNICA UNIVERSITARIA COLOMBIA

ABSTRACT

Objective: To determine the magnitude and configuration of catchment areas of the “Clínica Universitaria Colombia”, which is one of the centers capable of offering comprehensive stroke management in Bogotá D.C. **Methods:** We randomly selected centroids for census tracts in Bogotá for the 2005 DANE census. Based on official data, we selected three traffic conditions for weekdays and weekends. Using Google’s Distance Matrix API, we requested transport times from random points to Clínica Universitaria Colombia. Values for census blocks that were not sampled were predicted using universal kriging. Using these values, we constructed choropleth maps and calculated the area and populations covered. **Results:** We sampled a total of 2,850 points throughout the week and 1,420 for the weekends, for a total of 12,810 transport times. The magnitude of the idealized transport time area, and the population within it, for Clínica Universitaria Colombia showed a significant susceptibility to traffic conditions, with reductions from the best to the worst conditions of up to 61.5% and 71.58%, respectively. We identified large areas with transport times Clínica Universitaria Colombia beyond the 30-minute limit, predominantly in the north, south and west of the city. **Conclusions:** Traffic conditions significantly affect the coverage area and the covered population of the Colombia University Clinic, a center capable of offering comprehensive care for stroke in the city of Bogotá.

Keywords: Endovascular Procedures; Stroke; Spatial Analysis; Transportation of Patients.

INTRODUCCIÓN

El Ataque Cerebro Vascular isquémico (ACVi) genera una gran carga de morbilidad y mortalidad en el mundo. Se ha identificado que corresponde a la segunda causa de muerte no violenta a nivel mundial y que es la tercera causa de discapacidad (1). El tiempo de evolución afecta de forma continua los desenlaces debido a que por cada minuto desde el inicio de los síntomas se pierden cerca de 12 km de fibras mielinizadas y 14 billones de sinapsis (2). La comunidad médica ha dado respuesta a este problema estableciendo criterios de calidad en los tiempos al interior de los centros hospitalarios. Existen, por ejemplo, criterios de calidad para los tiempos puerta-aguja (tiempo entre el ingreso al centro hasta trombólisis) y puerta-ingle (tiempo entre el ingreso al centro hasta inicio de procedimiento endovascular). Sin embargo, una mayor porción del tiempo entre el inicio de síntomas y la terapia definitiva transcurre por fuera del centro de atención. En efecto, menos de un cuarto de los pacientes son tratados con trombólisis, algo que se atribuye a factores prehospituarios (3).

Entre los factores prehospituarios que pueden afectar los desenlaces en el ACVi, el tiempo de transporte es de particular importancia. Aunque varios estudios han valorado los tiempos de transporte en vehículos de urgencias, se ha dado poca atención a los tiempos de transporte en vehículos privados (4,5); esto a pesar de haberse identificado que una proporción significativa de los pacientes llegan a los centros de atención utilizando vehículos privados (5,6). Sumado a esto, un estudio sobre tiempos de transporte en trauma penetrante (desenlaces tiempo-dependientes) identificó menores tiempos y mejor supervivencia en pacientes que utilizaron vehículos privados como medio de transporte (7).

Pocos centros de manejo pueden ofrecer el espectro completo de manejos para el ACVi, por lo que los tiempos de transporte a ellos, y las áreas de influencia correspondientes, son de gran interés en la planeación en salud pública. En geografía humana, un área de servicio (o atrapamiento) se define como el espacio físico desde el cual una ciudad, servicio o institución atrae a

una población para utilizar sus servicios (8–10). Aunque existen datos que permitirían estimar los tiempos de transporte en vehículos de urgencias (calidad variable), la estimación de estos tiempos para vehículos privados rara vez cuenta con este insumo. Sin embargo, se han utilizado herramientas de servicios web que permiten estimar estos tiempos. Un estudio conducido con datos de Melbourne, Australia, mostró que la utilización de herramientas web como el API de *Google Maps* permite una adecuada estimación de los tiempos de transporte (11). Este mismo estudio mostró que las áreas de servicio en esa ciudad son insensibles a las condiciones de tráfico.

A pesar de evidencia previa que sugiere que las áreas de servicio en el manejo de ACVi son insensibles a las condiciones de tráfico, dichas condiciones no mostraban una congestión vial de severidad comparable a la de ciudades como Bogotá D.C. La organización INRIX crea una clasificación de condiciones de tráfico en grandes ciudades alrededor del mundo, y ha ubicado a Bogotá en el primer puesto en horas perdidas en tráfico (12). Bogotá sirve como un indicador interesante, puesto que se prevé que incremente tanto la población urbana, como la prosperidad en países en desarrollo (13). Este crecimiento probablemente llevará a que muchas ciudades experimenten condiciones de tráfico similares a las de Bogotá.

Debido a lo anterior, se condujo un estudio para determinar la extensión y configuración de las áreas de servicio de centros de manejo integral del ACVi en la ciudad de Bogotá D.C. Se presentan los resultados para la clínica Colombia puesto que, si bien fue el centro que mostró la menor sensibilidad a condiciones de tráfico en la ciudad, el cambio en la extensión y población cubierta fueron significativos.

MÉTODOS

Área de estudio

Bogotá se encuentra ubicada en las coordenadas 4.7110° N, 74.0721° W. Aunque la extensión de los límites del

distrito capital se adentra extensamente en zonas rurales, este estudio consideró únicamente el área urbana. Dentro de la problemática de la ciudad, se encuentra que su desarrollo no ha contado con una planeación extensa. El primer plan urbano se propuso tan solo hasta los años 80 del siglo pasado, y el desplazamiento interno en Colombia desde entonces ha resultado en un crecimiento inesperado y desorganizado adicional (14). La mayoría de los grandes centros médicos en Bogotá establecieron sus sedes actuales en la primera mitad del siglo XX, de modo que sus ubicaciones no pudieron tener en cuenta el crecimiento de la ciudad a futuro.

Clínica Universitaria Colombia

La Clínica Universitaria Colombia (CUC) se ha consolidado como una de las más completas instituciones hospitalarias en el país. Se encuentra ubicada en el sector de mayor desarrollo empresarial de la capital, Ciudad Salitre en la calle 23B Número 66 – 46, al interior de la localidad de Teusaquillo. La CUC es uno de los 14 centros identificados en la ciudad de Bogotá que ofrecen manejo integral del ACVi, entendiéndose el manejo integral como un hospital capaz de ofrecer servicio imagenológico 24 horas (específicamente Tomografía Axial Computarizada–TAC), procedimientos de trombólisis y trombectomía por personal especializado y disponible (neurólogo intervencionista a disponibilidad), y que cuente con una unidad de cuidado intensivo (UCI con 25 camas).

Unidad de Análisis–Manzanas Censales para 2005

La unidad de análisis de este estudio fueron las manzanas censales para la ciudad de Bogotá en el censo de 2005. La capa espacial utilizada fue previamente utilizada por un estudio en planeación urbana en la Universidad de Los Andes y fue originalmente obtenida de la Secretaría Distrital de Planeación (15). Las manzanas censales son definidas por el DANE como áreas de terreno delimitadas por vías de transporte o accidentes naturales o culturales permanentes (16). Aunque se realizó un

censo más reciente en 2018, en el momento de realización de este estudio no se encontraban disponibles datos georreferenciados en la resolución espacial requerida.

Condiciones de tráfico

El Observatorio de Movilidad de Bogotá identifica tres patrones distintos en la velocidad de desplazamiento en Bogotá, que son además distintos entre días laborales y fines de semana (17). Los tres patrones ocurren entre las horas de las 6:00am y 8:00am (hora pico de la mañana), las 5:00pm y 6:00pm (hora pico tarde), y la condición de menor tráfico entre las 7:00pm y 9:00pm. Se muestrearon tiempos de desplazamiento en cada uno de estos momentos en días laborales y en fines de semana.

Muestreo

Utilizando la matriz de distancia del API de *Google Maps*, muestreamos tiempos de desplazamiento desde un conjunto aleatorio y uniforme de centroides de manzanas censales a la CUC. Para las condiciones de tráfico muestreamos 2850 puntos por centro en días laborales y 1420 en fines de semana. Se pidieron estimados pesimistas de tiempos de llegada para aproximarse de mejor manera a los desplazamientos en la ciudad. El muestreo se distribuyó entre 10 usuarios y se realizó de marzo a abril de 2019. Los datos se consolidaron por condición de tráfico.

Análisis Estadístico

Se utilizaron gráficos LISA para identificar valores extremos espaciales (18). Dado que no todas las manzanas censales fueron muestreadas, se utilizó *kriging* universal para predecir los tiempos de tránsito a las manzanas no muestreadas (19). Se examinaron los semivariogramas muestrales para determinar el mejor modelo de *kriging*, encontrando un mejor ajuste para el modelo esférico. Los resultados de la predicción fueron evaluados por medio de validación cruzada utilizando sets de entrenamiento

con el 80% de los datos. El estadístico R^2 fue utilizado como medida de bondad de ajuste.

Los valores de tiempo de desplazamiento para cada manzana correspondieron al valor muestreado o predicho en el punto de inaccesibilidad de cada una. Se construyeron mapas coropléticos mostrando los tiempos idealizados de transporte de 30 minutos, 1 hora, y más de 1 hora. Se seleccionaron estos intervalos puesto que corresponden al tiempo ideal de transporte de 30 minutos y a la llamada “hora dorada” desde inicio de los síntomas (20). Se calculó la extensión total de las áreas cubiertas, la población total cubierta y la población mayor de 60 años. Esta última se analizó por separado puesto que corresponde a una población de mayor riesgo. Cómo se estimaron los cambios porcentuales mencionados en el párrafo antes de la tabla 1.

Se utilizó el software *GeoDA™* para el análisis exploratorio del patrón de puntos obtenido del API de *Google Maps* (21). Los análisis geoestadísticos fueron realizados en R (v 3.4.2) y la construcción de los mapas se realizó en QGIS (v 3.4.5).

RESULTADOS

Se exploraron gráficos de Indicadores Locales de Autocorrelación Espacial, mostrando escasos valores extremos

espaciales y una organización de clústeres consistente con la distancia hasta el centro. La calidad del modelo predictivo fue alta con una mediana del estadístico R^2 de 0,972 (Cuartiles 0,966-0,975).

Se observa un incremento en la extensión del área de cobertura óptima a través del día entre semana, extendiéndose principalmente sobre el eje oriente-occidente (Figura 1).

En el fin de semana, por otro lado, el área de cobertura óptima es mínima en la tarde, con una extensión y configuración mínima en la noche de características similares a las observadas entre semana. Sin importar la condición de tráfico, áreas ubicadas en el oriente de la localidad de Usme no alcanzan a llegar a este centro dentro del criterio de menos de 1 hora. En el fin de semana las variaciones en el área de tiempo de transporte idealizado son menores a las observadas entre semana (Figura 2).

La cuantificación de lo que se observa en los mapas coropléticos se traduce en el área y la población cubierta. La CUC modifica sustancialmente su área de cobertura y población captada de acuerdo con la hora y el día que se realice el traslado. En los días laborales, se observa un cambio porcentual en la magnitud del área de tiempo de transporte idealizado de 30 minutos con respecto al máximo del control de la noche del 61,5%. Por otro lado, los cambios en cuanto a población cubierta, tanto

TABLA 1. ÁREA Y POBLACIÓN CUBIERTA ENTRE SEMANA Y FIN DE SEMANA CLÍNICA UNIVERSITARIA COLOMBIA.

ENTRE SEMANA	MAÑANA			TARDE			NOCHE		
	A (KM2)	POB. (HABS.)	HAB>60	A (KM2)	POB. (HABS.)	HAB>60	A (KM2)	POB. (HABS.)	HAB>60
<30min	35,68	605.530	138.096	41,59	850.033	165.079	92,67	2.130.813	416.183
30-60min	112,63	2.538.368	483.755	181,83	4.420.782	735.695	197,77	4.267.208	674.794
>60min	150,74	3.347.514	480.590	75,63	1.220.597	201.667	8,6	93.391	11.464
FIN DE SEMANA	MAÑANA			TARDE			NOCHE		
	A (KM2)	POB. (HABS.)	HAB>60	A (KM2)	POB. (HABS.)	HAB>60	A (KM2)	POB. (HABS.)	HAB>60
<30min	62,31	1.240.880	265.617	61,99	1.216.065	250.390	94,76	2.147.254	424.436
30-60min	168,47	3.953.891	675.071	163,18	3.936.828	677.883	191,86	4.195.693	659.496
>60min	68,26	1.296.641	161.753	73,88	1.338.519	174.168	12,43	148.465	18.509

FIGURA 1. Tiempos de llegada entre semana al centro Clínica Universitaria Colombia.

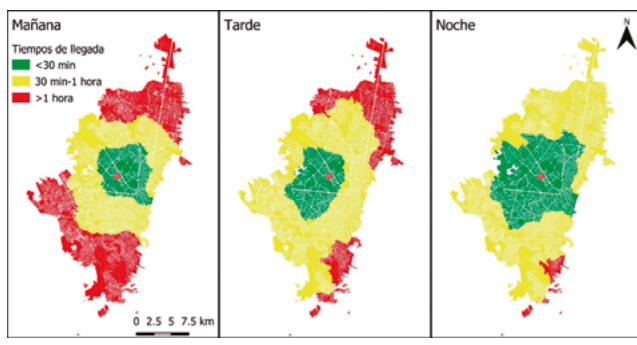
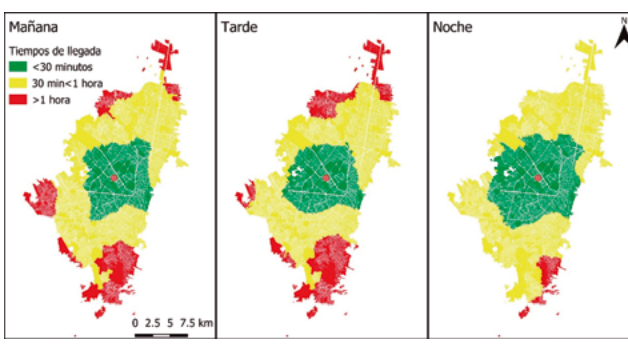


FIGURA 2. Tiempos de llegada fin de semana al centro Clínica Universitaria Colombia.



total como mayores de 60 años, presentan reducciones del 71,58% y 66,82%, respectivamente (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Este estudio de caso es una primera aproximación en el país para determinar la extensión y configuración del área de servicio de un centro para el manejo integral del ACVi. La recolección de datos y la simulación de eventos superaron los múltiples obstáculos que tenía el estudio con respecto a los desplazamientos en tráfico y casos de ACVi. Comparado con otros posibles métodos, la utilización de la Matriz de la Distancia de Google permitió analizar datos en tiempo real haciendo uso de recursos disponibles.

Cabe resaltar que no se incurrió en ningún costo asociado al muestreo o al uso de software; todo el software utilizado es de uso libre y el código con instrucciones puede ser solicitado a los autores. Los costos asociados con el muestreo fueron mitigados utilizando métodos geoestadísticos, cuya validación cruzada arrojó excelentes resultados. Este método sería fácil de adaptar a otros contextos urbanos, y previa validación con datos reales, permite informar a los tomadores de decisiones.

Debido a que la simulación de puntos no se tomó de una distribución espacial empírica sobre los casos incidentes de ACVi en la ciudad de Bogotá, la distribución de los tiempos de llegada podría ser distinta en una población real por múltiples motivos. Por ejemplo, se ha mostrado que la calidad del aire tiene

un efecto significativo en la incidencia de ACVi (22) y en Bogotá, localidades como Bosa, Usme, o Kennedy (que se encuentran en el área de influencia de la CUC) presentan mayores índices de material particulado en aire. Adicionalmente, la población que es recibida en la CUC podría no estar uniformemente distribuida en el espacio. Los tiempos de desplazamiento desde áreas con mayor incidencia adquirirían mayor peso en la distribución de tiempos de llegada observados. Sin embargo, es probable que los tiempos de llegada para esta área muestren concordancia con los predichos por los modelos geoestadísticos utilizados en este trabajo.

Los mapas de tiempos de llegada de la CUC muestran variaciones significativas bajo distintas condiciones de tráfico. La extensión del área de tiempo de transporte idealizado (llegada menor a 30 minutos) muestra reducciones superiores al 60% al ser comparadas con las condiciones de tráfico que se emplearon como control (tiempos en la noche, entre 7:00 y 9:00 PM).

La metodología utilizada en este estudio comparte características claves con el estudio realizado por Phan et al. en Melbourne, Australia (11). En ese estudio se evidencia la ventaja que representa el uso de grandes volúmenes de datos recolectado por Google, ya que ellos también utilizaron la Matriz de Distancia para obtener tiempos de desplazamiento hasta centros hospitalarios que ofrecen manejo endovascular del ACVi en su región. Aunque el volumen de datos usado por Phan et al. fue menor debido a unidades de análisis más extensas (código postal), los investigadores pudieron construir

áreas de captación para cada uno de sus centros bajo distintos posibles esquemas de organización de la red de atención integral de ACVi. Es notable que en ese estudio las áreas de captación mostraron variaciones pequeñas bajo distintas condiciones de tráfico ($\sim 10\%$), muy distinto de las variaciones en áreas de captación observadas en la CUC. Esto quizás corresponda a las diferencias en la congestión vial experimentadas por cada ciudad (272 horas pérdidas en tráfico por año en Bogotá Vs. 118 horas en Melbourne) (12).

La limitación principal de este estudio es el dato asociado a su unidad de análisis. Los datos de población se tomaron a partir del Censo de 2.005 ya que no existen datos publicados en la resolución espacial requerida para el Censo de 2.018. Lo anterior puede subestimar los tamaños y composición de la población ubicada en el área de cobertura de la CUC.

Por otro lado, es de resaltar que este estudio sólo valoró tiempos de llegada para vehículos particulares. Este es un factor analizado con poca frecuencia, a pesar de que evidencia muestra que este método de transporte es frecuente en el traslado de pacientes que sufren un ACVi (6). Adicionalmente, en otras situaciones en donde el tiempo es una variable crítica para obtener un buen pronóstico, el transporte particular es superior al medicalizado (23). Este último estudio, que analiza resultados posteriores a una lesión traumática, evidencia que tanto el tiempo total de traslado, como la mortalidad, se reducen si el medio de transporte usado fue un vehículo particular. Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados obtenidos en este estudio corresponderían al transcurrir de una gran proporción de los casos, con desenlaces potencialmente superiores.

Futuros estudios podrían buscar la validación de estos resultados utilizando datos de pacientes reales y con una actualización de las capas espaciales tan pronto se cuente con los datos del censo de 2018. Esta metodología puede ser adaptada para explorar la configuración de redes de atención, o los efectos de incrementar el equipamiento de centros específicos. Los resultados también permiten circunscribir esfuerzos de educación de la comunidad en detección temprana del ACVi, puesto que identifican un área desde la cual el direccionamiento produciría resultados óptimos en tiempo de transporte.

Finalmente, un hallazgo importante de este estudio de caso es la identificación de áreas donde no existe la posibilidad de acceso a la CUC ni en tiempo óptimo, ni en hasta una hora (oriente de Usme). Esto podría ser consecuencia de la sumatoria de diferentes circunstancias adicionales a la estudiada condición de tráfico como la calidad de las vías y limitaciones de velocidad para carros particulares dentro del perímetro urbano (50 km/h). Sin embargo, esto debe ser explorado con otro tipo de estudios.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno de los autores declara tener algún conflicto de interés con relación al tema desarrollado en este artículo o con la revista médica sanitas.

FINANCIACIÓN

No se recurrió a ninguna convocatoria o fuente de financiación externa para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global Burden of Stroke. *Circ Res*. 2017 Feb 3;120(3):439–48.
2. Saver Jeffrey L. Time Is Brain—Quantified. *Stroke*. 2006 Jan 1;37(1):263–6.
3. Lahr MMH, Luijckx G-J, Vroomen PCAJ, van der Zee D-J, Buskens E. Proportion of Patients Treated With Thrombolysis in a Centralized Versus a Decentralized Acute Stroke Care Setting. *Stroke*. 2012 May;43(5):1336–40.
4. Simonsen SA, Andresen M, Michelsen L, Viereck S, Lippert FK, Iversen HK. Evaluation of pre-hospital transport time of stroke patients to thrombolytic treatment. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2014 Nov;22.
5. Arulprakash N, Umaiorubahan M. Causes of delayed arrival with acute ischemic stroke beyond the window period of thrombolysis. *J Family Med Prim Care*. 2018;7(6):1248–52.
6. Mohammad YM. Mode of Arrival to the Emergency Department of Stroke Patients in the United States. *J Vasc Interv Neurol*. 2008 Jul;1(3):83–6.
7. Wandling MW, Nathens AB, Shapiro MB, Haut ER. Association of Prehospital Mode of Transport With Mortality in Penetrating Trauma: A Trauma System-Level Assessment of Private Vehicle Transportation vs Ground Emergency Medical Services. *JAMA Surgery*. 2018 Feb 1;153(2):107.
8. McLafferty SL. GIS and Health Care. *Annu Rev Public Health*. 2003 Jan 1;24(1):25–42.
9. Schuurman N, Fiedler RS, Grzybowski SC, Grund D. Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time. *International Journal of Health Geographics*. 2006 Oct 3;5(1):43.
10. Jenkins C, Campbell J. Catchment areas in general practice and their relation to size and quality of practice and deprivation: a descriptive study in one London borough. *BMJ*. 1996 Nov 9;313(7066):1189–92.
11. Phan TG, Beare R, Chen J, Clissold B, Ly J, Singhal S, et al. Googling Service Boundaries for Endovascular Clot Retrieval Hub Hospitals in a Metropolitan Setting: Proof-of-Concept Study. *Stroke*. 2017;48(5):1353–61.
12. INRIX. INRIX 2018 Global Traffic Scorecard [Internet]. 2019. Available from: <http://inrix.com/scorecard/#>
13. Cohen B. Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts. *World Development*. 2004 Jan;32(1):23–51.
14. Torres León AC. La actividad central en Bogotá—centralidades espontáneas y su consolidación : una visión desde el territorio [Internet] [masterThesis]. Bogotá—Unindes; 2014. Available from: <http://hdl.handle.net/1992/12898>
15. Torres León AC. Consolidación de una centralidad urbana espontánea. El caso de Ciudad Kennedy, Bogotá. *Revista Ciudad Estados Política*. 2018 Jan 1;5(1):19–31.
16. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Metodología Censo General 2005 [Internet]. Imprenta Nacional de Colombia; 2009 [cited 2019 Jun 20]. Available from: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Censo_2005.pdf
17. Dirección de Estudios Sectoriales y de Servicios. Observatorio de Movilidad Bogotá D.C./2017. [Internet]. Secretaría Distrital de Movilidad; 2018 [cited 2018 Jul 1]. Available from: http://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/091b08e1-6657-42e3-a3eb-68964304f480/resource/166dd7e4-527b-417d-83ab-a96a1efcf5a7/download/observatorio_de_movilidad_2017_min.pdf
18. Anselin L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*. 2010 Sep 3;27(2):93–115.
19. Chiles J-P, Delfiner P. Kriging with an unknown mean. In: *Geostatistics: modeling spatial uncertainty*. 2nd ed. Hoboken, N.J.: Wiley; 2012. p. 161–74.
20. Ebinger M, Kunz A, Wendt M, Rozanski M, Winter B, Waldschmidt C, et al. Effects of golden hour thrombolysis: a Prehospital Acute Neurological Treatment and Optimization of Medical Care in Stroke (PHANTOM-S) substudy. *JAMA Neurol*. 2015 Jan;72(1):25–30.
21. Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. *Geographical Analysis*. 2006 Jan;38(1):5–22.
22. Hong Y-C, Lee J-T, Kim H, Kwon H-J. Air Pollution: A New Risk Factor in Ischemic Stroke Mortality. *Stroke*. 2002 Sep;33(9):2165–9.
23. Wandling MW, Nathens AB, Shapiro MB, Haut ER. Association of Prehospital Mode of Transport With Mortality in Penetrating Trauma: A Trauma System-Level Assessment of Private Vehicle Transportation vs Ground Emergency Medical Services. *JAMA Surg*. 2018;153(2):107–13.