

Relación entre abstención electoral, accesibilidad geográfica y oferta de puestos de votación. Caso de estudio: Manizales, Colombia

Relationship between electoral abstention, geographical accessibility and polling places supply. Case study: Manizales, Colombia

CARDONA, Santiago¹

ESCOBAR, Diego A.²

HENAO, Edison³

Resumen

En este artículo de investigación se propone una metodología que relaciona la abstención electoral, la accesibilidad geográfica y el índice de oferta electoral en Manizales (Colombia), realizándose un análisis detallado en según su división geopolítica por comunas. Esta investigación logró mapear la abstención electoral en un nivel más detallado, encontrándose una relación entre la oferta y demanda electoral brindando una herramienta para generar políticas enfocadas al territorio y así impulsar la participación en los procesos democráticos.

Palabras clave: abstención electoral, accesibilidad geográfica, indicador de oferta electoral, puestos de votación

Abstract

This research article proposes a methodology that relates to electoral abstention, global average accessibility and the electoral supply index in Manizales, Colombia, carrying out a detailed analysis according to its geopolitical division by communes. This research managed to map electoral abstention at a more detailed level, finding a relationship between electoral supply and demand by providing a tool to generate policies focused on the territory and thus promote participation in democratic processes.

key words: electoral abstention, geographical accessibility, electoral offer index, polling places

1. Introducción

La democracia es un sistema de representación política en el cual se eligen gobernantes mediante la participación libre y universal de la población considerada adulta en cada país sobre un marco de reglas de juego y derechos, iguales (Levine & Molina, 2007). Sin embargo, este concepto ha sido abordado desde distintos enfoques por

¹ MSC en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil, Grupo de investigación en Movilidad Sostenible. Campus La Nubia, Bloque S2-208, Carrera 37 con Calle 94, Manizales, 170003, Colombia. (email: scardonau@unal.edu.co)

² PhD en Gestión del Territorio e Infraestructuras del Transporte. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil, Grupo de investigación en Movilidad Sostenible. Campus La Nubia, Bloque S2-208, Carrera 37 con Calle 94, Manizales, 170003, Colombia. (email: daescobarga@unal.edu.co)

³ Phd, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Carrera 23 # 65, Manizales, 170004, Manizales, Colombia. (email: ehenaoc@unal.edu.co).

filósofos y teóricos políticos. Algunos autores como Schumpeter (1942) la reducen a la existencia de elecciones periódicas donde varios partidos políticos compiten, mientras que otros como Sen (1999) indican que es un estilo de vida. Por otra parte, según Barrero, et al., (2013) la democracia de un país se determina por unas “elecciones periódicas, libres, justas y competitivas” (Barrero et al., 2013, p. 9). Teniendo esto en cuenta, las elecciones se convierten en un componente significativo de la democracia, al incluir de manera igualitaria a toda la ciudadanía a través del voto libre (Barrero et al., (2013); Nohlen, (2004). Asimismo, distintos autores se han dedicado a estudiar el nivel de participación ideal que legitime los resultados dados en las elecciones electorales con el fin de disminuir la inconformidad de la ciudadanía por la escogencia de gobernantes en elecciones donde el abstencionismo electoral sea alto (Alcántara Sáez, 2008). En este sentido, en las últimas décadas la población ha utilizado en mayor proporción otros métodos de participación política tal como protestas y manifestaciones dejando de lado la participación electoral a través del voto y aumentando ostensiblemente el porcentaje de abstención en los procesos electorales. En Colombia en el siglo XXI se han presentado porcentajes de votación por encima del 50%, tendencia que cambió en las elecciones dadas en el 2018 donde el porcentaje de abstención fue del 47% (IGAC, 2018), siendo las primeras elecciones populares luego de la firma del acuerdo de paz con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) y que en términos absolutos han sido las que han garantizado las mejores condiciones de orden público. Comparado con otros países de América donde el voto es obligatorio como Estados Unidos (43,3%), Panamá (24,78%), Argentina (24,49%), Perú (17,34%) o Brasil (20,3%), Colombia se mantiene con porcentajes de abstención altos, así como Chile (55,39%) donde votar es un derecho y no una obligación.

Entre las razones que explican el abstencionismo en Colombia y el mundo, se encuentran variables sociales, económicas, climatológicas, geográficas y de nivel educativo, entre otras, sin embargo, este fenómeno debe ser estudiado en cada territorio según sus dinámicas particulares (Lehoucq & Wall, (2004); Nohlen, et al., (2007). En este sentido, el abstencionismo electoral puede ser influenciado por la ubicación de los puestos de votación en los distintos territorios (Sánchez Castañeda, 2019), por lo que en este artículo se propone definir la relación entre la accesibilidad geográfica (AG) en tres escenarios (vehículo privado, peatonal y transporte público) con el porcentaje de abstención electoral registrado en la ciudad de Manizales y su vecino Villamaría, los cuales funcionan como un área conurbada compartiendo equipamientos y sistema de transporte público. También, se calculará el índice de oferta electoral (IOE) lo que permitirá contrastar la oferta y demanda real del área de estudio. A través de la comparación de estos tres indicadores se buscará determinar si la abstención electoral en las elecciones presidenciales del 2018 puede responder a las condiciones operativas de la red de infraestructura vial y a la oferta de puestos de votación. Según los resultados, se busca hacer una propuesta de reubicación o traslado de puestos de votación, permitiendo un acceso más equitativo según los habitantes del área de estudio y su tiempo medio de viaje a través de la red vial.

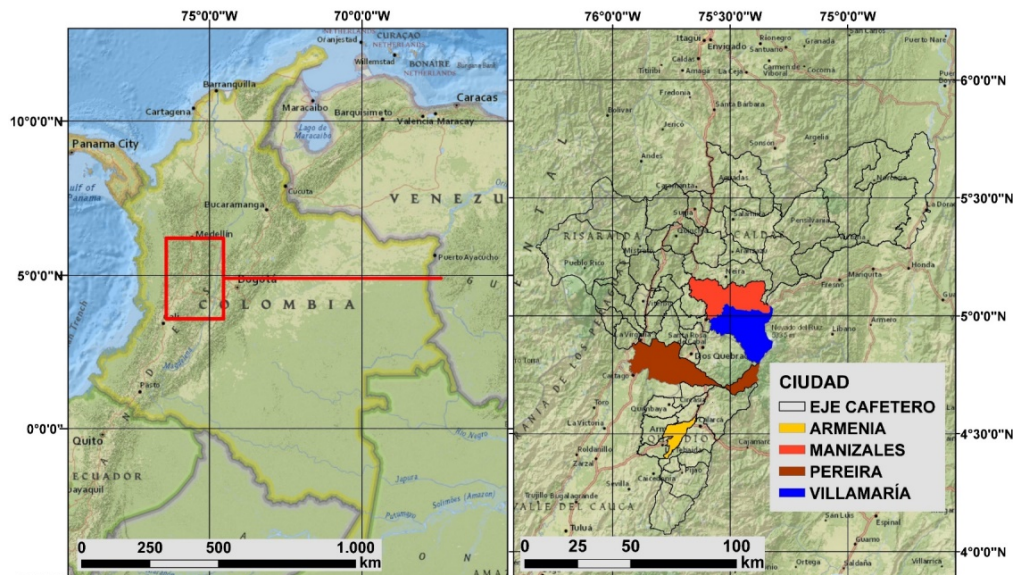
En Colombia se han llevado a cabo estudios que relacionan la abstención electoral y las variables geográficas (Milanese, 2016), así como la medición de la accesibilidad basada en gravedad a los puestos de votación en 8 municipios históricamente afectados por el conflicto armado, denominando este método como accesibilidad electoral (Sánchez Castañeda, 2019). Por otra parte, instituciones como la Misión de Observación Electoral y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi han generado esfuerzos para mapear la abstención electoral a lo largo del territorio nacional.

La accesibilidad geográfica es un modelo de oferta del transporte que busca determinar la calidad operativa de la oferta de red de infraestructura vial calculando los tiempos promedio de viaje entre todos los nodos de la red (Añez, et al.,(1996); Talen & Anselin, (1998); Wu & Levinson, (2020). El concepto de accesibilidad surgió a mediados del siglo pasado cuando Hansen (1959) la definió como el potencial de oportunidades de interacción que posee un individuo. A lo largo de los años ha sido definida por diferentes autores, siendo Geurs y Ritsema van Eck (2001) quienes determinaron sus principales componentes y perspectivas de análisis, siendo la

accesibilidad geográfica una medida basada en la infraestructura porque utiliza la red vial y sus velocidades de operación para determinar la cobertura. Por otra parte, este concepto ha sido desarrollado a lo largo de los años, siendo utilizado como herramienta de planificación urbana y territorial (Geurs, et al.,(2015), en temas relacionados con salud pública (Terán-Hernández, 2017), parques públicos (Meng & Malczewski, 2015), educación (Cullinan, et al.,(2013), comparación de modos de transporte (Bracarense & Ferreira, 2018) entre otros temas.

Manizales (Rojo en la figura 1) es la capital del Departamento de Caldas y está ubicada en el centro-occidente de Colombia, siendo una de las ciudades capitales que conforman la Región Cafetera junto a Armenia (Amarillo en la figura 1) y Pereira (Café en la figura 1). Está dividida geo políticamente en 11 comunas y cuenta con el municipio de Villamaría (Azul en la figura 1) cómo vecino más cercano, funcionando ambas cómo una región conurbada y compartiendo diversos equipamientos y sistema de transporte público. El área de estudio cuenta con cerca de 425 mil habitantes según las proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2010). En temas relacionados con movilidad urbana según el último informe de calidad de vida de Manizales Cómo Vamos (2019), el 57% de las personas utilizan transporte público el cual cuenta con más de 60 rutas de transporte colectivo y dos líneas de cable aéreo. Este modo de transporte ha soportado la disminución del 14% de la demanda de pasajeros los cuales se pasan a modos individuales cómo el vehículo privado y la motocicleta, multiplicando su parque automotor por dos y tres, respectivamente, lo que se ve reflejado en que tan solo el 11% de las personas caminan cómo su principal modo de transporte y el 1% usa bicicleta (Cardona, et al.,(2017).

Figura 1
Ubicación de zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

En el área de estudio se han llevado a cabo estudios relacionados con accesibilidad geográfica cómo el cálculo de las penalidades por giro y la accesibilidad geográfica a través del vehículo privado (Cardona, 2018), la cuantificación de la accesibilidad geográfica a través de la red de transporte público (Montoya Gómez, 2019), la medición de la cobertura del servicio público de bicicletas (Zuluaga, et al., (2018) y de los centros de ambulancia (Holgúin, et al.,(2018), entre otros.

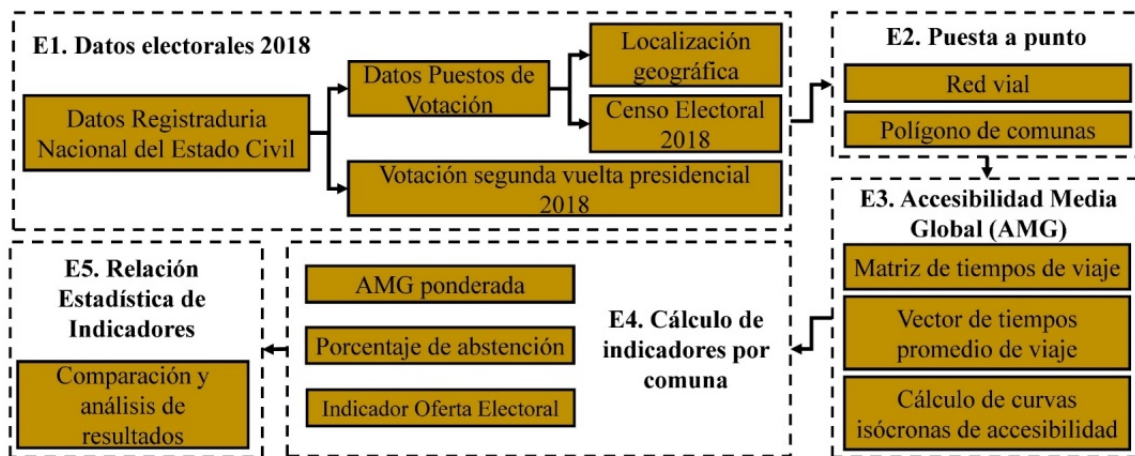
2. Metodología

En la figura 2 se observa la metodología llevada a cabo en esta investigación, la cual se compone de cinco etapas consecutivas, las cuales se describen a continuación.

2.1. Etapa 1. Datos electorales 2018

En etapa se acude a la Registraduría Nacional del Estado Civil (RNEC) con el fin de recolectar algunos datos necesarios para la investigación. Esta entidad es la encargada del registro e identificación de los ciudadanos de Colombia, así como de la organización de los mecanismos de participación ciudadana y los procesos electorales. Entre los datos obtenidos se encuentra la división política del área de estudio, la cual registra los puestos de votación habilitados, su censo electoral para el 2018, que indica el número de votantes inscritos en cada uno de ellos y la dirección de los mismos. Esta información fue obtenida a través de la territorial Manizales de la RNEC. Teniendo esto en cuenta, se procedió a georreferenciar los puestos de votación y registrar su censo electoral en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para ello se verificó el nombre de cada puesto de votación, los cuales en su mayoría coinciden con instituciones educativas de distintos órdenes (primaria, secundaria, técnico y universitarios) y se localizaron con ayuda de herramientas cómo Google Maps ingresando la dirección dada por la RNEC.

Figura 2
Metodología de investigación



Fuente: Elaboración propia

2.2. Etapa 2. Puesta a punto red vial y polígono de comunas

Se refiere a la actualización de las capas necesarias para la investigación: la red vial para los tres casos a calcular (vehículo privado, peatonal y transporte público) y el polígono de comunas. La red vial es la representación en software SIG de las calles e intersecciones viales de una ciudad a través de la teoría de grafos (Derrible & Kennedy, (2009); Kozyrev, (1972). Esta considera las calles cómo arcos y las intersecciones viales cómo nodos en el software SIG de tal manera que se pueden incluir diversos atributos cómo la longitud, velocidad media, pendiente, entre otras. Está representación simplificada de la red vial permite la realización de distintos modelos de transportes entre los que se cuentan la accesibilidad geográfica (Cardona, et al., (2011). Gracias a estudios previos realizados en la zona se obtuvo la red vial georreferenciada para los distintos escenarios con datos actualizados de velocidad (Cardona, (2018); Montoya Gómez, (2019), por lo que se procedió a registrar en ella los cambios recientes, referentes a puesta en marcha de obras de infraestructura vial y cambios de dirección de calles y avenidas en el caso de la red vial para vehículo privado. En el caso de la red peatonal y de transporte público se incluyeron los nuevos pasos peatonales y nuevas rutas de transporte público, incluyendo también los tiempos de espera en paraderos según la frecuencia de paso de los vehículos y la velocidad de operación del sistema (Montoya Gómez, 2019). Luego, se calcula la longitud y el tiempo de viaje por arco por medio de las herramientas del software SIG.

Por otra parte, el polígono de comunas fue actualizado con la población para 2017 de la zona de estudio, según los datos oficiales de la Secretaría de Planeación de Manizales. Estos datos incluían la población por estratos de cada barrio, mientras que el polígono obtenido de investigaciones previas estaba compuesto por las manzanas de cada barrio y el estrato de cada una de ellas, lo que nos permitió distribuir la población según el estrato en el polígono de comunas.

2.3. Etapa 3. Accesibilidad geográfica (AG)

Teniendo en cuenta la red vial actualizada en la etapa anterior para los tres escenarios de análisis se precede a realizar el cálculo de la AG. En primer lugar, se crea la red de transportes en el software TRANSCAD 8.0 ya que está es una entidad particular de dicho software donde se incluyen los tiempos de viaje de cada arco y se tienen en cuenta las penalizaciones por giro, las cuales nos indican el tiempo de más que se le genera a un viaje al momento de realizar una maniobra de giro. En este caso, las penalidades por giro fueron calculadas para la zona de estudio por Cardona (2018) en 34 segundos a la izquierda y 29 segundos a la derecha mediante una propuesta metodológica que puede ser replicada en otras ciudades. Las penalidades por giro serán utilizadas en el escenario del vehículo privado mientras que para el caso de la red peatonal y de transporte público no serán tenidas en cuenta (Montoya Gómez, 2019). Luego se procede a calcular la matriz de tiempo de viaje mínimo entre todos los nodos de la red de transportes ($J = 10\ 011$). En este caso se optimiza el tiempo de viaje entre los nodos, teniendo en cuenta las penalidades por giro a izquierda y derecha según sea el caso. Asimismo, no se penaliza el modelo cuando se pasa de un nodo a otro de forma recta y se prohíben los giros en "U". Este proceso se lleva a cabo gracias al algoritmo de caminos mínimos, el cual ha sido desarrollado desde Dijkstra (1959) y Caldwell (1961), hasta generarse una optimización del mismo permitiendo el análisis de redes más amplias y complejas (Delling, et al., 2009; Thériault, et al., 1999). Teniendo en cuenta la matriz de tiempo de viaje mínimo entre todos los nodos de la red de transportes se procede a calcular la accesibilidad geográfica mediante la ecuación 1 (Zuluaga et al., (2018); Wu & Levinson, (2020). En este caso, J representa el total de nodos de la red vial.

$$A^{\ddagger} = \frac{\sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^J C_{ij}}{J - 1} \quad (1)$$

Después de haber obtenido el vector de tiempos promedio de viaje, se procede a calcular las curvas isócronas de AG a través del modelo geoestadístico Kriging Ordinario con semi variograma lineal como ecuación estructurante. Este modelo permite la interpolación de la variable escogida (tiempo medio de viaje) según la distribución espacial y su distancia, generando mayor precisión a medida que existe más cercanía entre los nodos estudiados (Miura, 2010). Asimismo, este método ha sido utilizado en investigaciones relacionadas con transporte para la predicción de tiempos de viaje en zonas urbanas disminuyendo el error generado por la congestión (Miura, 2010) y como método para estimar el modo de transporte motorizado utilizado (Gomes, et al., 2016).

2.4. Etapa 4. Cálculo de indicadores por comuna

En esta investigación se calculan tres indicadores por comuna: AG ponderada por escenario, porcentaje de abstención e indicador de oferta electoral (IOE). El primero de ellos resulta de relacionar las curvas isócronas de AG de cada escenario con la población, área y densidad poblacional registrada en el polígono de comunas el cual fue actualizada según fuentes oficiales de la Secretaría de Planeación de Manizales y Villamaría y del DANE. En este caso se multiplica el tiempo medio de viaje de cada curva isócrona (TAG) entre el porcentaje de población, área o densidad poblacional (%P o %A o %DP) de cada comuna. Luego, se realiza la sumatoria de los resultados ponderados obteniendo la AG de cada escenario por comuna a través de la ecuación 2.

$$AMGp_i = \sum_{j=1}^n Tamg_j * \%(P \text{ ó } A \text{ ó } DP)_j \quad i = 1,2,3, \dots, m ; j = 1,2,3, \dots, n \quad (2)$$

Dónde: m nos indica el número de comunas de la zona de estudio (12) y n el número de curvas isócronas por cada comuna, el cual puede variar según la cobertura de AG de cada escenario. Finalmente, se utilizará aquella AG ponderada que entre población, área y densidad poblacional que genere el menor tiempo medio de viaje entre las comunas.

El segundo indicador es el porcentaje de abstención electoral por comuna. Para ello se debe tener en cuenta el número de votantes, obtenido a través del formulario E-24 de la RNEC (#VE24) y el censo electoral por puesto de votación, agrupado por comunas (CE2018), expedido por la misma entidad, obteniendo el porcentaje de abstención mediante la ecuación 3.

$$\%AE_i = 100\% - \frac{\#VE24_i}{CE2018_i} \quad (3)$$

Por último, se calcula el indicador de oferta electoral (IOE) relacionando el CE2018 por comuna con la población en edad de votar (mayores de 18 años). La población en edad de votar (PVi) se obtiene multiplicando la población total de cada comuna entre el porcentaje de población mayor de 18 años (Sánchez Castañeda, 2019). Luego, se verifica con el potencial electoral y se aplica un factor de corrección para que ambos datos coincidan dado que estos fueron obtenidos de distintas fuentes de información. La corrección aplicada se presenta en la ecuación 4.

$$PV_{icorregido} = \frac{PV_i}{PV_{total}} * CE2018_{total} \quad (4)$$

En esta ecuación PVtotal y CE2018 indican la población con edad de votar y el censo electoral de 2018 de la zona de estudio, respectivamente. Asimismo, PVicorregido se calcula por comuna. Luego, mediante la ecuación 5 se calcula la IOE relacionando PVicorregido y el CE2018 por cada comuna.

$$IOE = \frac{CE2018_i}{PV_{icorregido}} \quad (5)$$

2.5. Etapa 5. Relación estadística de indicadores

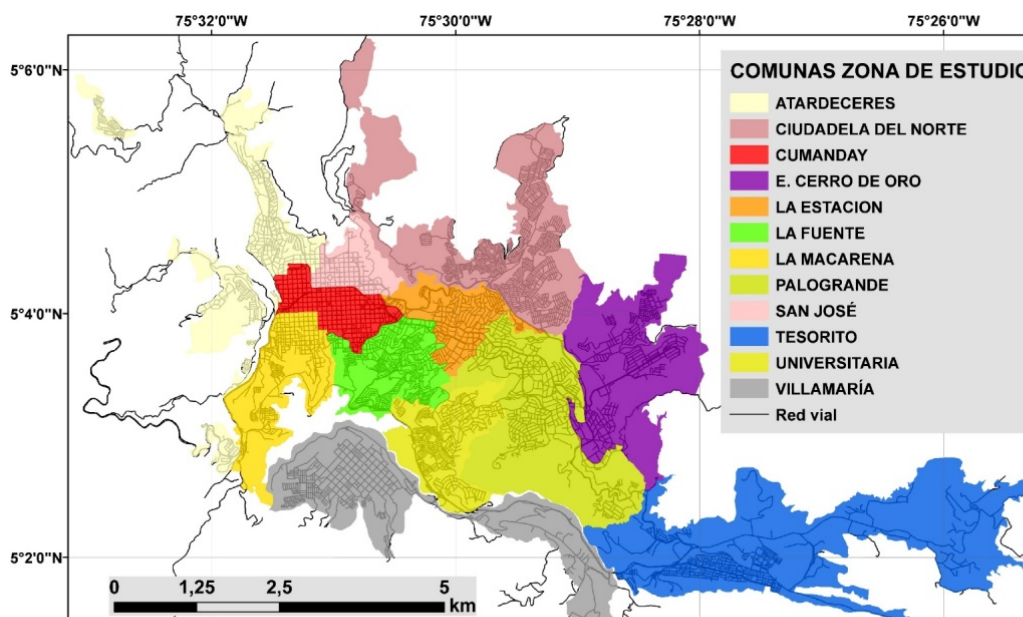
Teniendo en cuenta los indicadores por comuna calculados en la etapa anterior se realiza una gráfica de dispersión entre estos para determinar su nivel de correlación, incluyendo también una línea de tendencia en los distintos escenarios, con el fin de establecer si existe o no algún tipo de correlación entre las diferentes variables mencionadas.

3. Resultados y Discusión

3.1. Comunas, Puestos de Votación y Censo Electoral en la zona de estudio

En primer lugar, se presenta la división por comunas del área de estudio (Figura 3). Manizales está dividida según el Plan de Ordenamiento Territorial 2015-2031 en 11 comunas (Alcaldía de Manizales, 2017). Para esta investigación se tendrá en cuenta Villamaría como una comuna extra de la ciudad, entendiendo que este municipio, dada su cercanía, funciona conurbado a Manizales.

Figura 3
División por comunas en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la tabla 1 se aprecia la población por cada comuna, siendo la comuna Ciudadela del Norte la que mayor población posee con cerca de 65 mil personas, representando un 15,24% del total, seguida por Villamaría con cerca del 12,39% de la población, resaltando que es un municipio que funciona con organizaciones gubernamentales propias. Luego, se encuentra la comuna La Fuente y Universitaria con 46 mil y 38 mil habitantes, representando 10,89% y 9,00% del total de la población, respectivamente. Por otra parte, las comunas La Estación y Tesorito son las que poseen el porcentaje más bajo de habitantes con 5,44% y 5,65%, respectivamente.

Se aprecian los datos agrupados por cada comuna incluyendo el censo electoral 2018, la población proyectada según los datos del DANE y el total de puestos de votación. En esta tabla se observa que la relación entre el total del censo electoral 2018 y la población de la zona de estudio es del 82%. Este dato debe tratarse con cuidado ya que la totalidad de la población no está habilitada para votar o puede tener inscrita su cedula en otro municipio del territorio nacional. También, existen cerca de 25 mil mujeres más inscritas, lo que representa el 53,5% del potencial electoral mientras que los hombres alcanzan el 46,5%. Por otra parte, en la zona de estudio están habilitados 59 puestos de votación, por lo que existe 1 puesto de votación por cada 6 mil habitantes. Asimismo, la comuna Cumanday, ubicada en el centro histórico de Manizales, es la que posee el mayor número de puestos de votación con 8, a pesar de ser la quinta comuna con la población más baja lo que representa 6,91% del total.

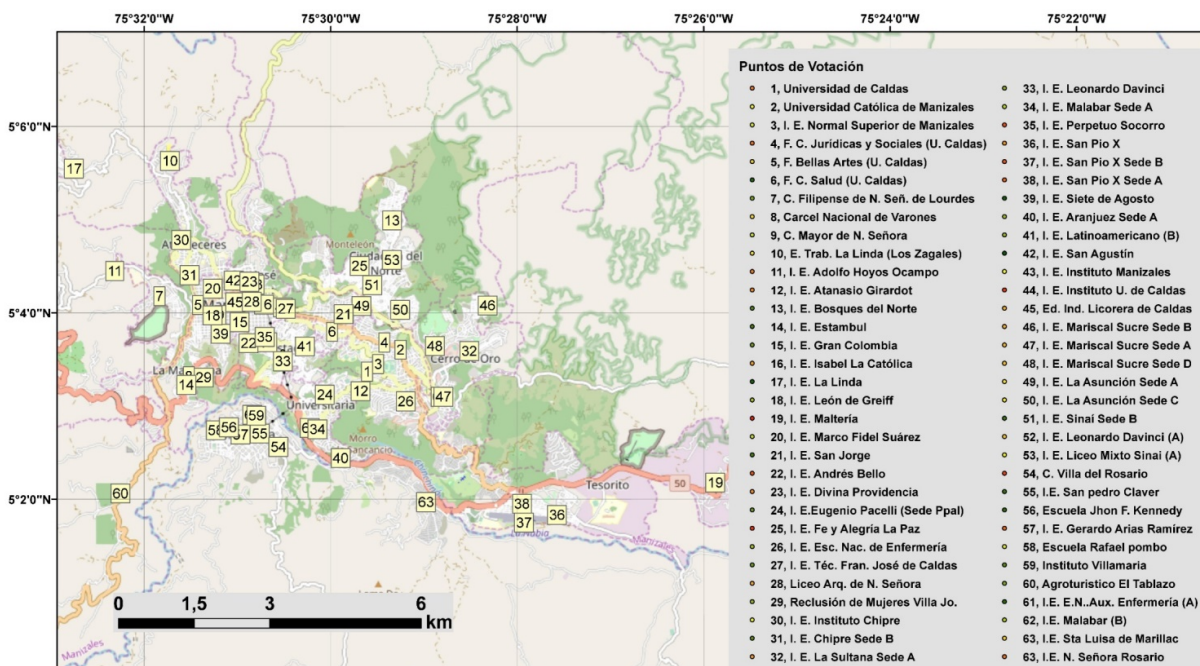
Tabla 1
Datos RNEC y DANE por comuna

Número	Comuna	Población	Puestos de votación	Censo electoral 2018 mujeres	Censo electoral 2018 hombres	Total censo electoral 2018
1	Atardeceres	30676	5	13174	11037	24211
2	San José	24211	3	8509	7673	16182
3	Cumanday	29315	8	27349	26358	53707
4	La Estación	23098	3	12461	9933	22394
5	C.del Norte	64670	5	22368	17776	40144
6	E.Cerro de Oro	32113	4	11245	8866	20111
7	Tesorito	23961	4	9328	8155	17483
8	Palogrande	25874	5	20930	19451	40381
9	Universitaria	38353	5	13796	11280	25076
10	La Fuente	46237	5	13522	10409	23931
11	La Macarena	33378	4	15749	15085	30834
12	Villamaría	52576	8	19716	16984	36700
	Total	424462	59	188147	163007	351154

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se observan los 63 centros de votación de la zona urbana de Manizales y Villamaría, georreferenciados gracias a los datos de división política facilitados por la RNEC, los cuales pueden verse en su totalidad en el ANEXO 1. En esta investigación solo se tuvieron en cuenta los puestos de votación ubicados en la parte urbana del municipio.

Figura 4
Puestos de votación georreferenciados

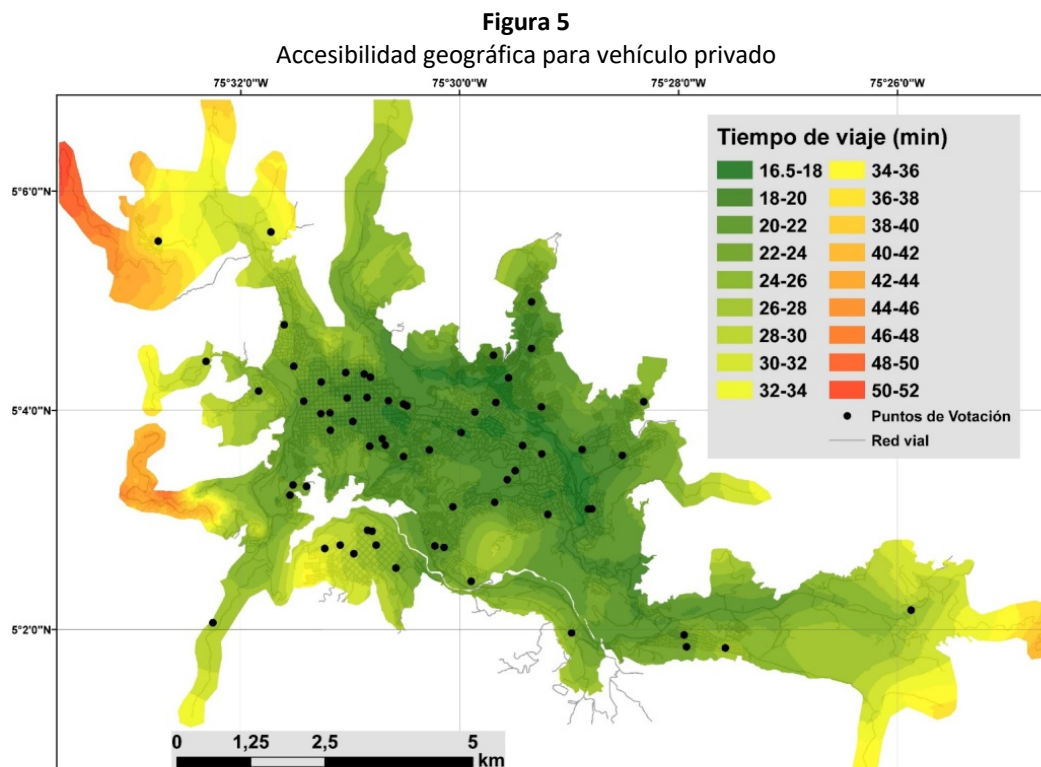


Fuente: Elaboración propia

3.2. Accesibilidad geográfica: vehículo privado, peatonal y transporte público

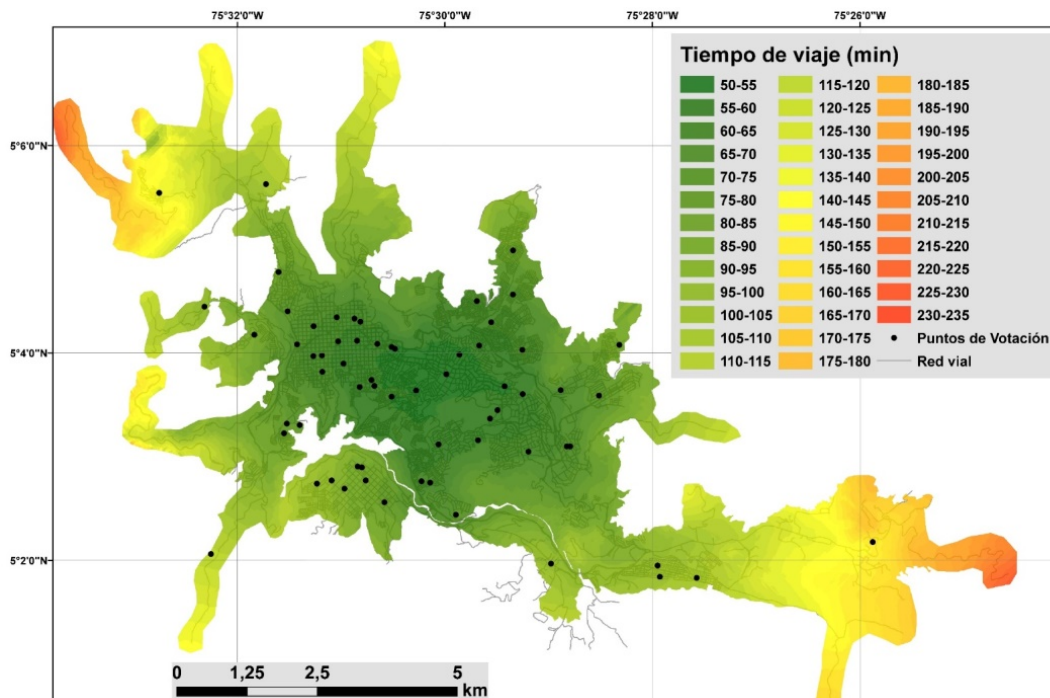
Por otra parte, las curvas isócronas de AG para la red peatonal se presentan en la figura 6 donde se observan tiempos promedio de viaje entre 50 y 235 minutos para las zonas más apartadas del área de estudio. En esta oportunidad, los menores tiempos de viaje promedio se ubican al centro geográfico de la ciudad, ya que atienden a condiciones de la red y no a su velocidad ya que está se toma constante en 4,32 km/h. Asimismo, cerca del 31% de los habitantes se encuentran cubiertos por tiempos promedio de viaje entre 50 y 60 minutos, mientras que la cobertura alcanza el 87% de los habitantes de la ciudad para tiempos promedio de viaje menores a una hora y media.

Por otra parte, las curvas isócronas de AG para la red peatonal se presentan en la figura 6 donde se observan tiempos promedio de viaje entre 50 y 235 minutos para las zonas más apartadas del área de estudio. En esta oportunidad, los menores tiempos de viaje promedio se ubican al centro geográfico de la ciudad, ya que atienden a condiciones de la red y no a su velocidad ya que está se toma como constante a 4,32 km/h. Asimismo, cerca del 31% de los habitantes se encuentran cubiertos por tiempos promedio de viaje entre 50 y 60 minutos, mientras que la cobertura alcanza el 87% de los habitantes de la ciudad para tiempos promedio de viaje menores a una hora y media.



Fuente: Elaboración propia

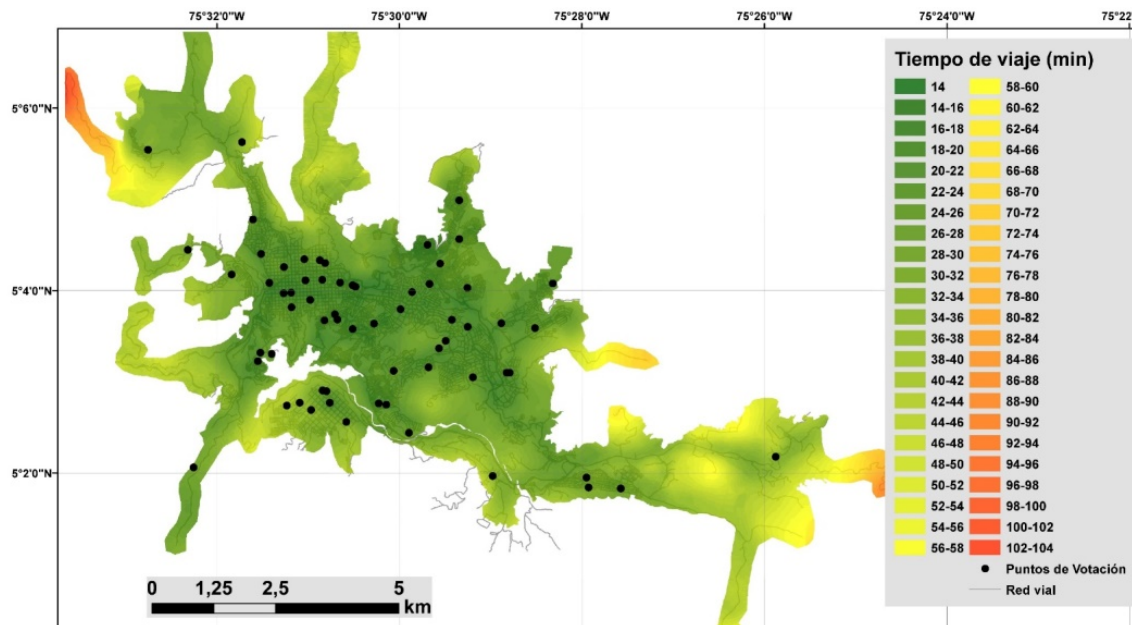
Figura 6
Accesibilidad geográfica para red peatonal.



Fuente: Elaboración propia

Por último, la AG para transporte público se presenta en la figura 7 donde se aprecian tiempos promedio de viaje desde 14 hasta 104 minutos. Cabe resaltar que este dato máximo, al igual que en la AG de vehículos privados, se da en áreas de la zona de estudio donde no se tienen registros de población o está es mínima, por lo que el tiempo medio de viaje máximo de cobertura poblacional para el transporte público es de 64 minutos. También se destaca que el tiempo medio de viaje mínimo es menor que el de vehículo privado. Esta dinámica es generada por la cobertura de rutas, las cuales se concentran en el centro histórico y sus alrededores brindándole unos tiempos promedio de viaje bajos mientras que existen zonas de la ciudad por donde no pasa transporte público por lo que los usuarios deben moverse un determinado tiempo a través de la red peatonal para acceder al mismo aumentando el tiempo medio de viaje. La cobertura de transporte público alcanza un 73% de población para el intervalo de 16 a 26 minutos que comparado con la cobertura de población a través de transporte privado es menor en un 16%.

Figura 7
Accesibilidad geográfica para transporte público



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se presenta la AG ponderada para cada uno de los escenarios según los tres tipos descritos en la metodología: población, área y densidad poblacional. Con el fin de unificar indicadores de AG ponderada se decidió utilizar el factor que menor tiempo medio de viaje resulta. Teniendo esto en cuenta, el porcentaje de población fue el que más se repitió entre las comunas de los tres escenarios al igual que fue el que minimizó la AG ponderada de la zona de estudio. Para la AG del vehículo privado, el porcentaje de población resultó mínimo en la mitad de las comunas, mientras que para el caso de la AG peatonal fueron 7 comunas y en la AG de transporte público fueron 5 comunas.

En la AG ponderada a través del porcentaje poblacional se puede apreciar que en términos generales el vehículo privado alcanza en tiempo ponderado de 20,52 minutos seguido por el transporte público con 24,47 min y el escenario peatonal con 70,67 minutos. Por otra parte, la comuna La Estación es la que posee la AG ponderada más baja en los tres escenarios, indicativo de su buena ubicación geográfica lo que aumenta sus oportunidades de interacción en el entorno urbano a través de los diferentes modos de transporte. Luego, se encuentra la comuna Cumanday, la cual incluye el centro histórico de la ciudad y es un gran atractor de viajes de tipo comercial, educativo y de trabajo. Importante resaltar que en esta comuna es donde se ubican la mayor cantidad de puestos de votación de la ciudad. Por otro lado, Villamaría posee el mayor tiempo ponderado de AG en el escenario de vehículo privado y transporte público, mientras que la comuna Tesorito, que se encuentra en la parte oriental de Manizales, donde se ubica el aeropuerto, la zona industrial y centros de educación importantes de la ciudad, posee el tiempo de viaje ponderado más alto para AG de la red peatonal.

Tabla 2
AG ponderada por comuna

N°	Comuna	Tiempo medio de viaje ponderado, vehículo privado			Tiempo medio de viaje ponderado, caminata			Tiempo medio de viaje ponderado, Transporte Público		
		Pob.	Área	Densidad poblacional	Pob.	Área	Densidad poblacional	Pob.	Área	Densidad poblacional
1	Atardeceres	25,34	27,62	27,72	82,75	92,53	92,89	25,44	29,85	24,49
2	San José	20,80	20,55	22,21	64,23	64,60	66,62	26,29	26,12	31,28
3	Cumanday	18,83	18,88	20,02	60,11	59,97	61,82	20,10	19,71	21,69
4	La Estación	18,32	18,14	19,40	54,45	54,91	56,19	19,84	19,32	21,06
5	C. del Norte	19,62	20,42	20,60	69,72	77,18	77,00	24,38	28,37	26,59
6	E.Cerro de Oro	19,69	19,97	20,26	73,51	75,44	69,50	23,06	25,73	23,31
7	Tesorito	23,80	25,51	22,35	105,63	131,16	103,55	30,65	38,67	31,40
8	Palogrande	18,62	19,24	20,26	62,27	65,22	68,31	22,63	23,68	24,42
9	Universitaria	21,03	21,47	22,77	60,12	63,11	61,18	22,76	23,89	22,35
10	La Fuente	19,36	19,39	20,06	55,63	55,60	58,43	20,33	20,31	22,65
11	La Macarena	21,59	22,51	21,22	68,19	73,92	70,13	21,90	24,47	22,26
12	Villamaría	28,25	26,17	30,29	89,90	91,93	89,46	33,17	34,96	30,00
	TOTAL	20,52	22,33	25,00	70,67	85,84	78,60	24,47	29,54	26,01

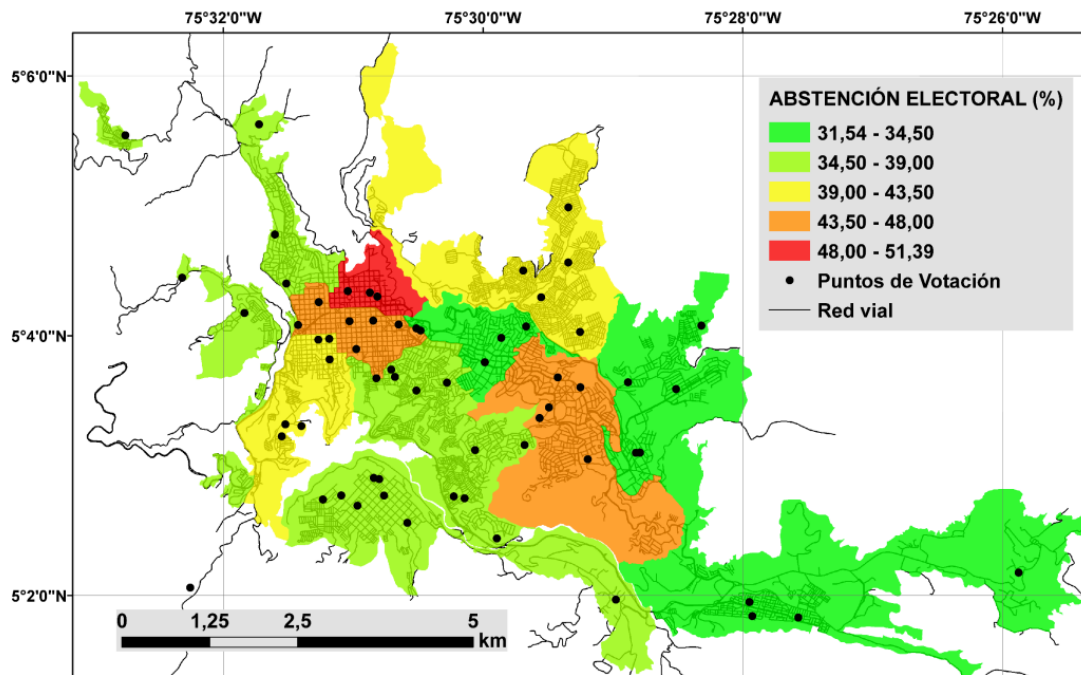
Fuente: Elaboración propia

3.3. Abstención electoral e Índice de Oferta Electoral

En la figura 8 se encuentra mapeado el porcentaje de abstención electoral por comuna. Como se puede observar la comuna San José alcanza el 51,30% de abstención electoral, siendo la única de la zona de estudio que supera el valor nacional del 47,00%. Por otro lado, existen tres comunas en la zona de estudio con valores de abstención menores a 35,00%. La comuna La Estación posee los valores más bajos en AG ponderada en los tres escenarios y en el porcentaje de abstención.

Por otra parte, la Comuna San José, aunque posee valores bajos de AG ponderada, obtiene un porcentaje de abstención alto (ver tabla 3). La diferencia entre estas comunas se encuentra en su estrato socioeconómico predominante, mientras que la comuna La Estación posee habitantes de ingresos medio-altos, la comuna San José la habitan personas con ingresos bajos. Al comparar estas comunas con su IOE (ver Tabla 3) nos encontramos con que la comuna La Estación obtiene un IOE de 0,96 lo que nos indica que un 4,0% de la población debe desplazarse a otros lugares para votar debido a que la oferta no es suficiente, mientras que la comuna San José alcanza un IOE de 0,71, por lo que existe una oferta menor de puestos de votación dada la población en edad de votar, generando desplazamientos a otras comunas, lo que puede generar el alto porcentaje de abstención.

Figura 8
Porcentaje de abstención electoral por comuna



Fuente: Elaboración propia

A nivel general, en el área de estudio el porcentaje de abstención electoral fue del 39,65%, más bajo que el promedio nacional para los escrutinios analizados que fue del 47,0%. Al comparar el porcentaje de abstención del área de estudio con el generado a nivel departamental (43,86% en Caldas), encontramos que este es un 4% menor. Además, comparado con ciudades como Pereira y Armenia, capitales de los departamentos de Risaralda y Quindío, respectivamente y que completan la zona del eje cafetero, encontramos que los porcentajes de abstención de ambas ciudades son más altos que los de la zona de estudio con 50,42% para Pereira y 43,22% para Armenia. El caso de Pereira, incluso supera el valor nacional.

Teniendo en cuenta el IOE (Tabla 3), la comuna Cumanday posee una oferta electoral 88% más alta respecto a los habitantes mayores de 18 años que la habitan. Esto sugiere que los habitantes de las comunas con IOE menor a cero, donde la oferta electoral es más baja respecto a su población, deben desplazarse a lugares de votación fuera de su comuna, lo que aumenta la probabilidad de que no salgan a votar, ya sea por condiciones económicas o sociales particulares. Esta comuna está ubicada en el centro histórico y posee gran oferta comercial, laboral, educativa y de transporte por lo que es normal que históricamente la mayor cantidad de puestos de votación este allí. Caso similar con la comuna Palogrande que posee un IOE 1,47. En este caso, numerosas sedes de Universidades se ubican en esta allí por lo que logísticamente es más fácil para la RNEC establecer allí los puestos de votación. En ambas comunas el porcentaje de abstención es cercano al 44%, por lo que una mayor oferta no siempre genera mayor participación electoral. Por otra parte, comunas como La Fuente y Ecoturístico Cerro de Oro poseen porcentajes de abstención bajos con 36,44% y 31,67% aunque su IOE son los más bajos de la zona de estudio con 0,57 y 0,64. Este comportamiento puede ser generado porque se ofertan menos puestos de

votación que los realmente necesarios, generando que un mayor porcentaje de personas de las comunas voten en estos puestos y su participación suba considerablemente en proporción.

Tabla 3
Porcentaje de abstención e IOE por comuna

N°	Comuna	% Participación Electoral	% Abstención Electoral	IOE
1	Atardeceres	63,59%	36,41%	0,80
2	San José	48,61%	51,39%	0,79
3	Cumanday	55,69%	44,31%	1,88
4	La Estación	68,46%	31,54%	0,96
5	Ciudadela del Norte	59,64%	40,36%	0,70
6	Ecoturístico Cerro de Oro	68,33%	31,67%	0,64
7	Tesorito	66,40%	33,60%	0,75
8	Palogrande	55,76%	44,24%	1,47
9	Universitaria	61,62%	38,38%	0,71
10	La Fuente	63,56%	36,44%	0,57
11	La Macarena	59,83%	40,17%	0,99
12	Villamaría	61,31%	38,69%	0,93
	Total	60,35%	39,65%	0,90

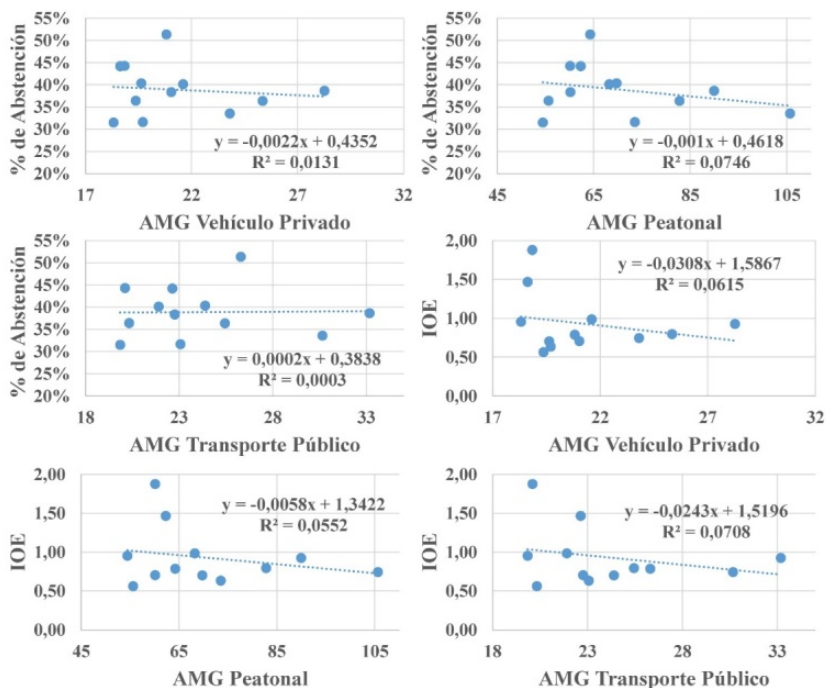
Fuente: Elaboración propia

3.4. Relación estadística entre indicadores

En primer lugar, se relaciona la AG ponderada de cada escenario según el porcentaje de población con el IOE y el porcentaje de abstención electoral de cada comuna de la zona estudio, obteniendo 12 parejas de datos y 6 casos a estudiar. En este caso no se relaciona la AG ponderada entre escenarios porque al ser medidas de tiempo promedio de viaje esto nos resulta en un nivel alto de correlación. Los resultados de las relaciones descritas se presentan en la figura 9. En este caso, se presentaron pendientes lineales negativas entre la AG del vehículo privado y peatonal versus la abstención electoral, por lo que a medida que aumenta el tiempo promedio de viaje a nivel global en la ciudad disminuye el porcentaje de abstención electoral, caso contrario para la AG del transporte público. Sin embargo, la correlación presentada en estos casos no fue representativa por lo que es necesario datos más detallados para comprobar está relación en el área de estudio y validar un modelo de comportamiento.

En la relación entre AG ponderada versus el IOE se presentan pendientes negativas en todos los escenarios, por lo que a medida que exista un mayor tiempo de viaje por comuna existe un menor IOE. Esto nos muestra que existe una mayor oferta electoral en las comunas de la ciudad con mejor AG ponderada. Al igual que lo presentado en la anterior relación, los índices de correlación no son lo suficientemente representativos como para considerar que poseen una tendencia, por lo que realizar un análisis más detallado con un mayor número de datos puede generar mayor correlación y permitirían la generación de un modelo predictivo, lo cual no sucede en este caso.

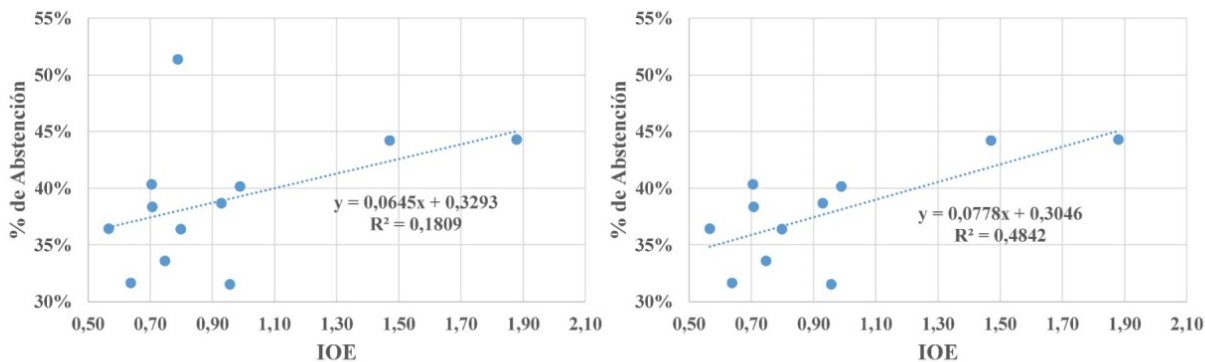
Figura 9
Relación de entre AG ponderada versus IOE y Porcentaje de Abstención



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la relación generada entre el porcentaje de abstención electoral y el IOE nos muestra una pendiente positiva y un índice de correlación más alto que los anteriores análisis (Figura 10, parte izquierda). En este caso, a mayor oferta electoral existe un mayor porcentaje de abstención. La correlación de 0,1809 nos indica que cerca del 42,5% de los datos se comportan con esta tendencia. Asimismo, si tenemos en cuenta la comuna San José como un caso atípico debido a que tiene un IOE bajo junto a un porcentaje de abstención alto y generamos una nueva gráfica donde no se incluyan sus valores (Figura 10 parte derecha), la correlación aumenta hasta un 0,4842 lo que nos resulta en que cerca del 69,6% de los datos se comportan con esta tendencia.

Figura 10 Relación de entre porcentaje de abstención electoral e IOE



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de AG ponderada son congruentes con las dinámicas de movilidad dadas en la zona de estudio en los últimos 10 años, donde el vehículo privado ha crecido en su uso dadas las buenas condiciones de accesibilidad que existe a través de la red vial. Se recomienda generar políticas para mejorar el servicio de transporte público y la red peatonal en las zonas donde los tiempos promedio de viaje son altos, cómo en la comuna Tesorito, Atardeceres y Villamaría.

En términos de porcentaje de abstención, la zona urbana de Manizales y Villamaría obtuvo un valor menor a la presentada a nivel nacional y en ciudades de condiciones sociales y demográficas similares cómo Pereira y Armenia. Por otra parte, la comuna San José fue la única de la zona de estudio que obtuvo un porcentaje de abstención mayor a la presentada a nivel nacional, por lo que estudiar sus dinámicas y generar iniciativas particulares a esta puede generar un impacto positivo en la participación electoral.

El porcentaje de abstención relacionado con la AG ponderada no obtuvo una correlación importante, sin embargo, la comuna La Estación, que tiene el mayor porcentaje de participación también obtuvo la AG ponderada más baja en los tres escenarios estudiados por lo que percibe una calidad de oferta de la red vial a través de los modos de transporte estudiados aceptable.

El IOE es un indicador de la oferta electoral presente en cada comuna de la zona de estudio, encontrando que diez de las doce comunas analizadas tienen una menor oferta electoral respecto a la población habilitada para votar que la habita. Según la tendencia presentada, a medida que el IOE aumenta, el porcentaje de abstención también. Esta dinámica puede ser revertida optimizando la ubicación de los puestos de votación, desplazando puestos de votación de las comunas con IOE mayor a 1 (Cumanday y Palogrande) a las comunas donde el IOE es más bajo. Esto generará que los habitantes de las comunas obtengan una oferta acorde a la demanda disminuyendo los desplazamientos a otras comunas para ejercer su derecho al voto.

Esta investigación, según la literatura revisada, es la primera a nivel nacional que realiza un análisis detallado del porcentaje de abstención, relacionándolo con la AG y el IOE permitiendo a las entidades responsables de su gestión generar políticas particulares a cada comuna para aumentar el porcentaje de participación en los comicios electorales.

Por último, esta metodología es replicable en otras regiones debido a que los insumos necesarios para su cálculo cómo los datos de votación, red vial, polígono de comunas o localidades pueden ser obtenidos a través de datos de acceso abierto. Asimismo, dado que es un estudio detallado, los órganos encargados de regular los mecanismos de participación ciudadana cómo la RNEC en el caso de Colombia podrá generar políticas focalizadas en la distribución de los puestos de votación para aumentar la participación en los comicios electorales.

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a los estudiantes pertenecientes al Grupo de investigación en Movilidad Sostenible de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Así mismo se agradece a los pares académicos asignados por la Revista Espacios. Este artículo de investigación "Full Paper" ha sido sometido individualmente a revisión de pares académicos.

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Manizales. (2017). Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Manizales 2015-2031. Componente General. Alcaldía de Manizales. Recuperado de:
<http://www.manizales.gov.co/Contenido/Alcaldia/4448/plan-de-ordenamiento-territorial-2017-2031>

- Alcántara Sáez, M. (2008). Luces y sombras de la calidad de la democracia en América Latina. *Quórum. Revista de Pensamiento Iberoamericano*, (22), 169–181.
- Añez, J., De La Barra, T., & Pérez, B. (1996). Dual graph representation of transport networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 30(3 PART B), 209–216. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(95\)00024-0](https://doi.org/10.1016/0191-2615(95)00024-0)
- Barrero, F., Liendo, N., Mejía, L., Orjuela, G., & Caicedo Ortiz, J. A. (2013). Abstencionismo electoral en Colombia: una aproximación a sus causas. Centro de Estudios en Democracia y Asuntos Electorales. Registraduría Nacional del Estado Civil. Bogotá.
- Bracarense, L. dos S. F. P., & Ferreira, J. O. N. (2018). Índice De Acessibilidade Para Comparação Dos Modos De Transporte Privado E Coletivo. Urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 10(3), 600–613. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.003.ao08>
- Caldwell, T. (1961). On Finding Minimum Routes in a Network With Turn Penalties. *Communications of the ACM*, 4(2), 107–108. <https://doi.org/10.1145/366105.366184>
- Cardona, S., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2018). Análisis de Accesibilidad como Herramienta para la Generación de Zonas Libres de Tráfico. Caso del Municipio de La Dorada en Colombia. *Información Tecnológica*, 29(5), 203–214. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000500203>
- Cardona, S., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2018). Evolución del número de pasajeros movilizados en los Sistemas estratégicos de transporte público en Colombia. Análisis cuantitativo. *Revista Espacios*, 38(53), 11–24. Recuperado de: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n53/a17v38n53p11.pdf>
- Cardona, S. (2018). Propuesta metodológica para el cálculo de las penalidades por giro en modelos de accesibilidad (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Cullinan, J., Flannery, D., Walsh, S., & McCoy, S. (2013). Distance effects, social class and the decision to participate in higher education in Ireland. *Economic and Social Review*, 44(1), 19–51.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE (2010). Proyecciones de población total por sexo y grupos de edad de 0 hasta 80 y más años (2005 – 2020). Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Delling, D., Sanders, P., Schultes, D., & Wagner, D. (2009). Engineering route planning algorithms. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 5515 LNCS, 117–139. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02094-0_7
- Derrible, S., & Kennedy, C. (2009). Network Analysis of World Subway Systems Using Updated Graph Theory. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2112, 17–25. <https://doi.org/10.3141/2112-03>
- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerical Mathematics*, 1(1), 269–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01386390>
- Geurs, K. T., & Ritseman Van Eck, J. (2001). Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact. RIVM Report.

- Geurs, K. T., De Montis, A., & Reggiani, A. (2015). Recent advances and applications in accessibility modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 82–85. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.09.003>
- Gomes, V. A., Pitombo, C. S., Rocha, S. S., & Salgueiro, A. R. (2016). Kriging Geostatistical Methods for Travel Mode Choice: A Spatial Data Analysis to Travel Demand Forecasting. *Open Journal of Statistics*, 06(03), 514–527. <https://doi.org/10.4236/ojs.2016.63044>
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Holguin, J. M., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2018). Access to Emergency Medical Services: An Urban Planning Methodology for the Generation of Equity. *Global Journal of Health Science*, 10(6), 181. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v10n6p181>
- Instituto Geografico Agustin Codazzi (2018). Abstención Electoral Siglo XXI. Bogotá.
- Kozyrev, V. P. (1972). *Graph Theory*, 10, 489–519.
- Lehoucq, F., & Wall, D. L. (2004). Explaining voter turnout rates in new democracies: Guatemala. *Electoral Studies*, 23(3), 485–500. [https://doi.org/10.1016/S0261-3794\(03\)00055-6](https://doi.org/10.1016/S0261-3794(03)00055-6)
- Levine, D. H., & Molina, J. E. (2007). La Calidad de la Democracia en América Latina: Una Visión Comparada. *América Latina Hoy*, (45), 17–46. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30804502%0ACómo>
- Manizales Cómo Vamos (2019). Informe de Calidad de Vida Manizales 2019. Red de ciudades cómo vamos.
- Meng, Y., & Malczewski, J. (2015). A GIS-based multicriteria decision making approach for evaluating accessibility to public parks in Calgary, Alberta. *Human Geographies*, 9(1), 29–41. <https://doi.org/10.5719/hgeo.2015.91.3>
- Milanese, J. P. (2016). Análisis de los patrones espaciales de abstencionismo electoral. Colombia 2014-2016 (Tesis de Maestría). UniGis. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11233.97127>
- Miura, H. (2010). A study of travel time prediction using universal kriging. *Top*, 18(1), 257–270. <https://doi.org/10.1007/s11750-009-0103-6>
- Montoya Gómez, J. A. (2019). Análisis de cobertura, mediante accesibilidad geográfica, para sistemas de paraderos de transporte público colectivo urbano (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Nohlen, D. (2004). La participación electoral como objeto de estudio. *Elecciones*, 3, 137–157.
- Nohlen, D., Zovatto, D., Orozco, J., & Thompson, J. (2007). Tratado de derecho electoral comparado de América Latina. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ortuzar, D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. Jhon Wiley & Sons.
- Registraduría Nacional del Estado Civil (2018). Histórico de resultados. Recuperado de http://elecciones1.registraduria.gov.co/esc_pre_2v_2018/
- Sánchez Castañeda, C. A. (2019). ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL ELECTORAL EN EL MARCO DEL PROYECTO “MAPEO DE LAS DINÁMICAS TERRITORIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS ACUERDOS PAZ

(M-DTI)." (Tesis de Pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
<https://doi.org/10.31819/9783964565518-toc>

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalismo, socialismo e democracia*. Routledge.

Secretaría de Planeación de Manizales (2017). *Información por Comuna, Manizales*. Alcaldía de Manizales.

Sen, A. K. (1999). Democracy as a Universal Value. *Journal of Democracy*, 10(3), 3–17.
<https://doi.org/10.1353/jod.1999.0055>

Talen, E., & Anselin, L. (1998). Assessing spatial equity: An evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. *Environment and Planning A*, 30(4), 595–613. <https://doi.org/10.1068/a300595>

Terán-Hernández, M. (2017). Accesibilidad espacial de los servicios de prevención y control del cáncer-cervicouterino en San Luis Potosí. *Investigaciones Geográficas*, (94). <https://doi.org/10.14350/rig.56936>

Thériault, M., Vandersmissen, M.-H., Lee-Gosselin, M., & Leroux, D. (1999). Modelling Commuter Trip Length and Duration Within GIS: Application to an O-D Survey. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 3(1), 40–56.

Wu, H., & Levinson, D. (2020). Uifying acces. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 83, 102355. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102355>

Zuluaga, J. D., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2018). Improving Urban Coverage of Bike Sharing Systems Through Accessibility Models. *Research Journal of Applied Sciences*, 13(7), 414–424.