

Movilidad y Accesibilidad Urbana a Través Transporte Público: Una mirada desde el caso de Bogotá (Colombia)



César A. Ruíz - Profesor Asociado

ANTECEDENTES Y CONTEXTO

Accesibilidad, movilidad y transporte urbano son conceptos estrechamente relacionados, pero no equivalentes.

El transporte se refiere a los medios, modos y sistemas que facilitan el traslado de personas y mercancías.

La accesibilidad y la movilidad urbana, en cambio, se centran en el desplazamiento de personas:

La **ACCESIBILIDAD** es un concepto (amplio) vinculado al potencial de acceso a bienes, servicios Y LUGARES en la ciudad a través de la movilidad, con un enfoque socioespacial,

la **Movilidad** se relaciona con la capacidad y habilidad de las personas para desplazarse.

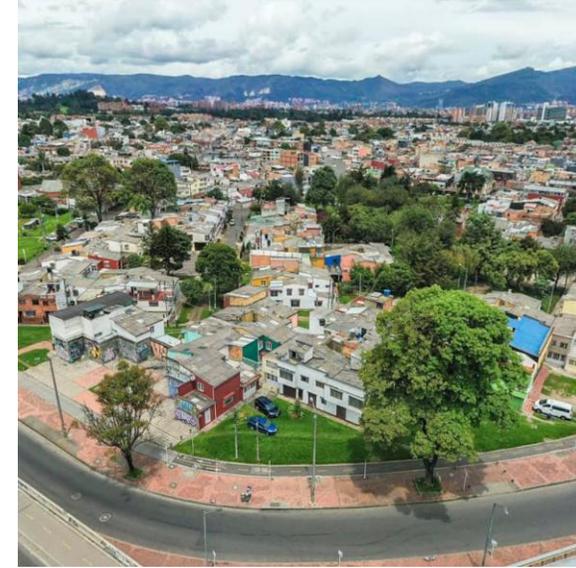
CONTEXTO DEL TRANSPORTE Y MOBILIDAD EN BOGOTÁ



La Silla Vacía Bogota-bus-strikes-Carlos-F. Pardo, 2017



Foto: Wikipedia Franco MdB



CONTEXTO DEL TRANSPORTE Y MOBILIDAD EN BOGOTÁ



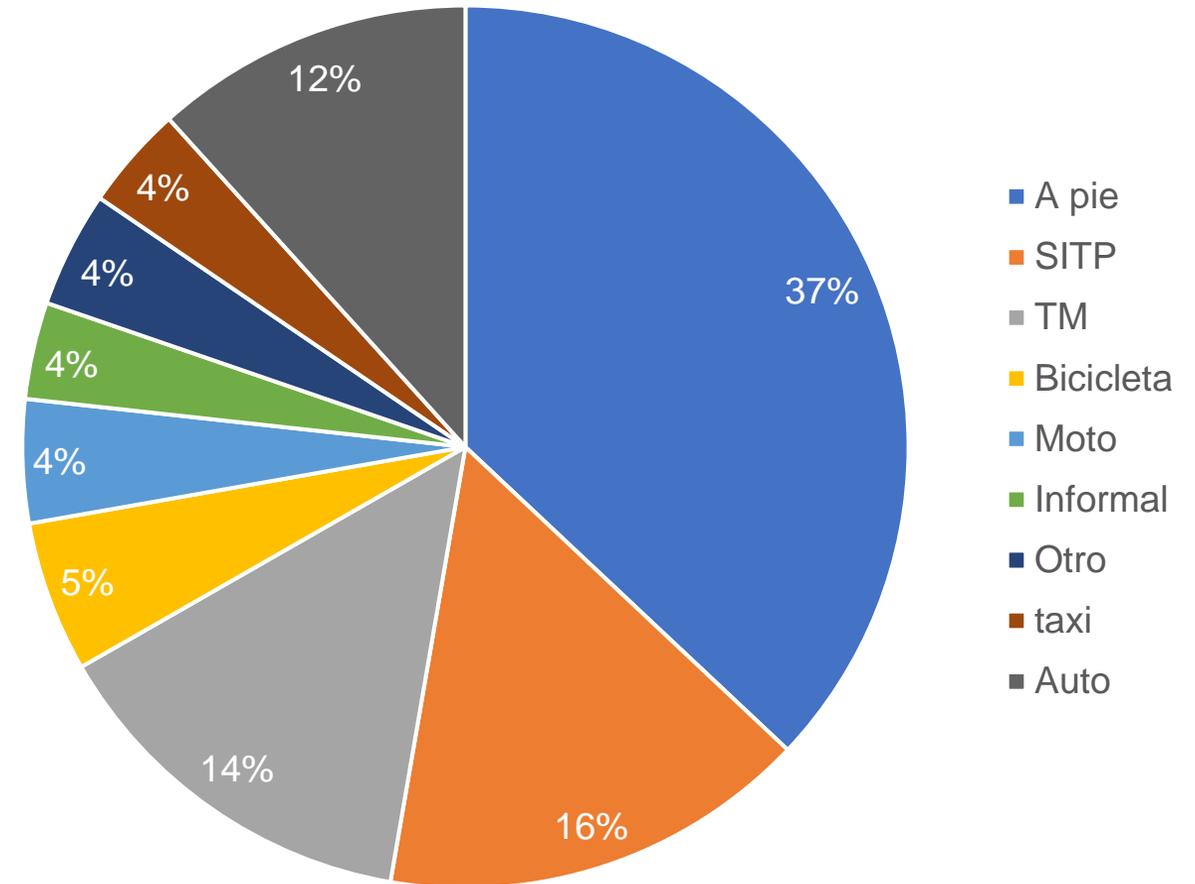
Distribución Modal Total Viajes en Bogotá (2019)

13.359.728

Viajes Diarios Bogotá 2019

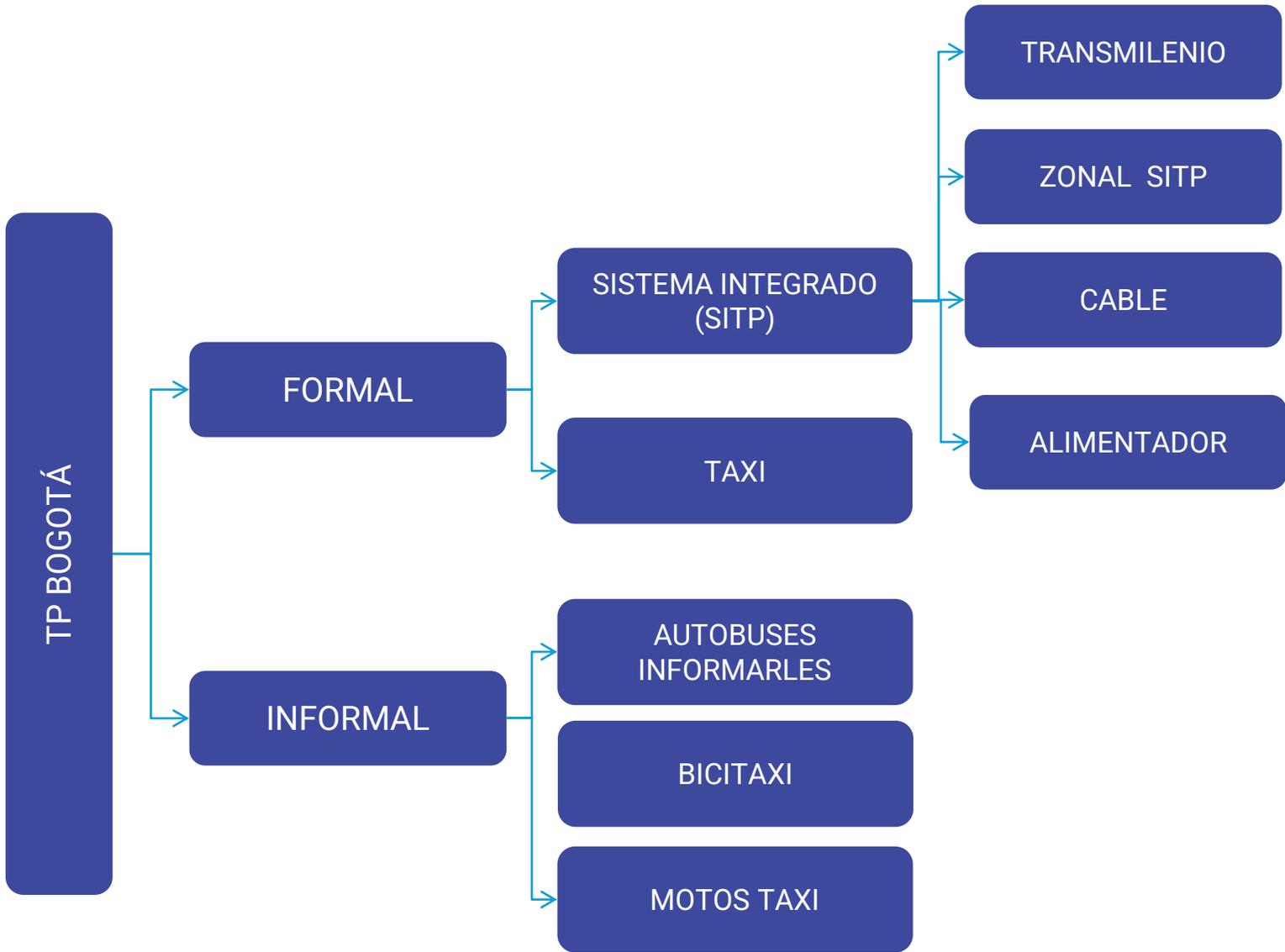
7.181.569**(aproximadamente)**

Población 2019

**38% Transporte Público: 34% Colectivo – 4% Taxi**

CONTEXTO DEL TRANSPORTE Y MOBILIDAD EN BOGOTÁ

OFERTA TRANSPORTE PÚBLICO



El concepto de gravitación y de potencial económicoespacial (Camagni, 2005)

Según la ley de gravitación universal, dos cuerpos (a y b) se atraen de forma directamente proporcional al producto de sus masas (M) e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia δ que los separa:

$$T_{ab} = \frac{K(M_a M_b)}{\delta_{ab}^2}$$

donde T mide la intensidad de interacción y K es una constante de proporcionalidad que depende de la unidad de medida adoptada.

De lo anterior, de manera general se plantea lo siguiente:

$$T_{ab} = K \frac{(P_a^\alpha P_b^\beta)}{\delta_{ab}^\gamma}$$

- α y β generalmente se han supuesto iguales a 1 y γ a algún valor entre 1 y 2.
- El exponente γ de la distancia δ es la expresión de la impedancia o fricción que el espacio físico ejerce sobre el movimiento;
- la población P es asumida generalmente como expresión de la “masa” de las unidades territoriales.
- K puede ser estimado económicamente junto a γ (cuando no es asumida exógenamente)

LA ACCESIBILIDAD COMO POTENCIAL DE OPORTUNIDADES

Walter Hansen (1959)* usó el concepto que describe el acceso a las oportunidades y definió a “accesibilidad” como “el potencial de oportunidades debidas a la interacción

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j \cdot f(C_{ij}); \quad f(C_{ij}) = e^{-\beta C_{ij}}$$

A_i : Acceso en la localidad i asociada a un determinado modo y propósitos de desplazamiento (trabajo, educación, etc)

$$A_i = \sum_{j=1}^n O_j \cdot e^{-\beta C_{ij}}$$

O_j : todos los viajes (oportunidades) asociada a un determinado modo y propósitos de desplazamiento (trabajo, educación, etc) atraídos de la zona i a todas las zonas j

$$\ln A_i = \sum_{j=1}^n \ln [O_j \cdot e^{-\beta C_{ij}}]$$

C_{ij} : Costes de Transporte asociados a todos los tiempos de viaje y otros costes (pago tarifa TUP)

$$\ln A_i = \sum_{j=1}^n \ln O_j + \sum_{j=1}^n \ln(e^{-\beta C_{ij}})$$

$f(C_{ij})$: función de impedancia

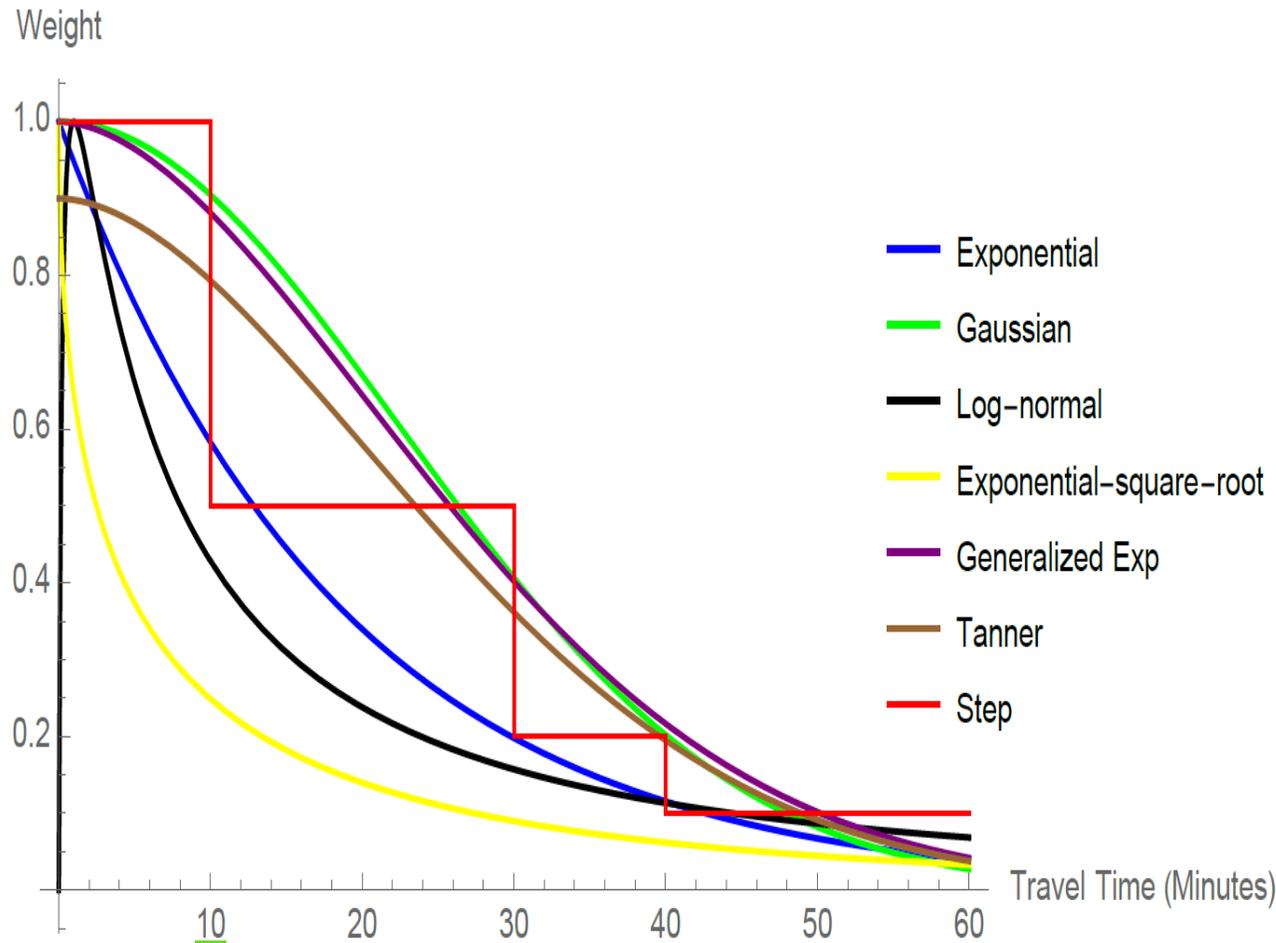
$$\ln A_i = \sum_{j=1}^n \ln O_j - \sum_{j=1}^n \beta C_{ij}$$

t_{viaje} = calculado según la hora de inicio y fin declaradas por el usuario

t_e = tiempo de espera del bus

t_a = tiempo de caminata a la parada del bus

FUNCIONES COMUNES DE IMPEDANCIA



Function	Expression	At $C_{ij} = 0$ $f =$	Typical values α	β
Cum. Opportunities	if $C_{ij} \leq t, f(C_{ij}) = 1$ else $f(C_{ij}) = 0$	1		
Exponential	$f(C_{ij}) = e^{\beta C_{ij}}$	1	$-0.008^{\dagger}, -0.054^{\oplus}$	
Exponential-normal	$f(C_{ij}) = e^{\beta C_{ij}^2}$	1	$-1.2 \cdot 10^{-5}^{\dagger}, -0.001^{\oplus}$	
Exponential-square-root	$f(C_{ij}) = e^{\beta \sqrt{C_{ij}}}$	1	$-0.261^{\dagger}, -0.44^{\oplus}$	
Generalized Exp.	$f(C_{ij}) = e^{\beta (C_{ij}^{\alpha})}$	1	1.8^{\oplus}	-0.002^{\oplus}
Power (Gravity)	$f(C_{ij}) = C_{ij}^{\alpha}$	0	-1.835^{\dagger}	
Tanner	$f(C_{ij}) = C_{ij}^{\alpha} \cdot e^{\beta C_{ij}}$	0	-0.63^{\oplus}	-0.5^{\oplus}
Log-normal	$f(C_{ij}) = e^{\beta \cdot \ln^2(C_{ij})}$	undefined	$-0.178^{\dagger}, -0.16^{\oplus}$	
Logistic	$f(C_{ij}) = 1 - \frac{1}{1 + e^{-\alpha(C_{ij} - t_i)}}$	0.5^*		

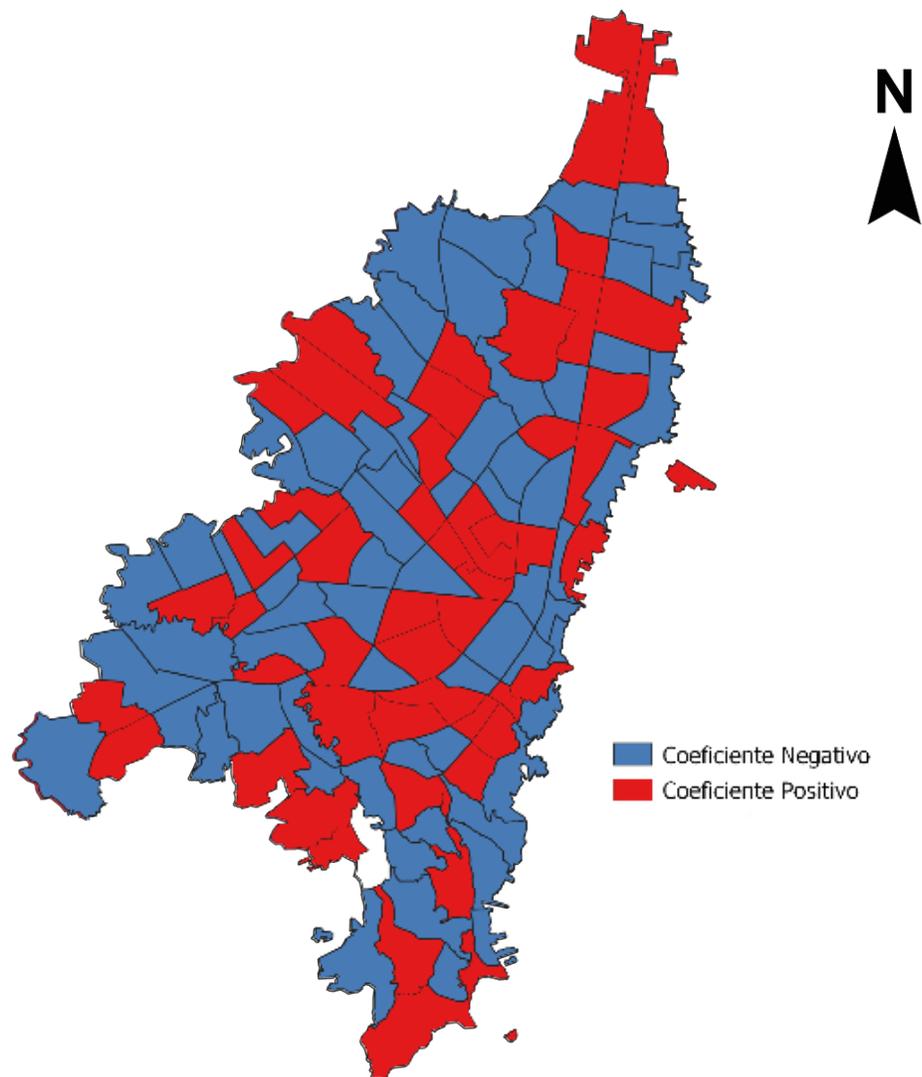
\dagger : Observed trips: [Reggiani et al. \(2011\)](#)
 \oplus : Best model fit: [Feldman et al. \(2012\)](#), [Wu et al. \(2019\)](#)

The logistic impedance function is a reverse S-curve, centered on an inflection point t_i , that weights opportunities close to the origin by a factor close to 1, and opportunities far from the origin by a factor close to 0; 0.5^* : $f = 0.5$ when $C_{ij} = t_i$.

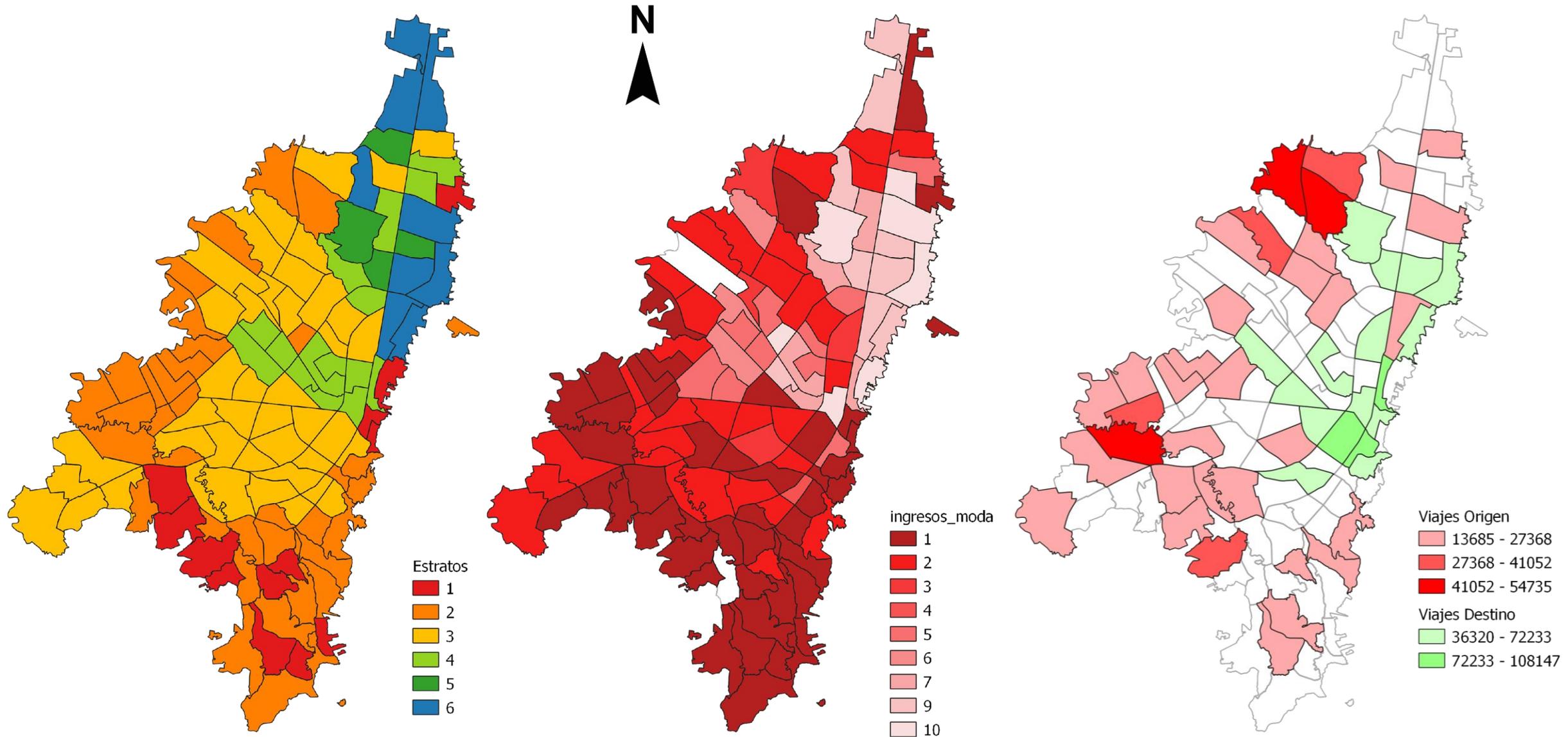
LA ACCESIBILIDAD COMO POTENCIAL DE OPORTUNIDADES

RESULTADOS REGRESIONES LINEALES APLICADAS USANDO EL CONCEPTO DE ACCESIBILIDAD DEL MODELO GRAVITACIONAL

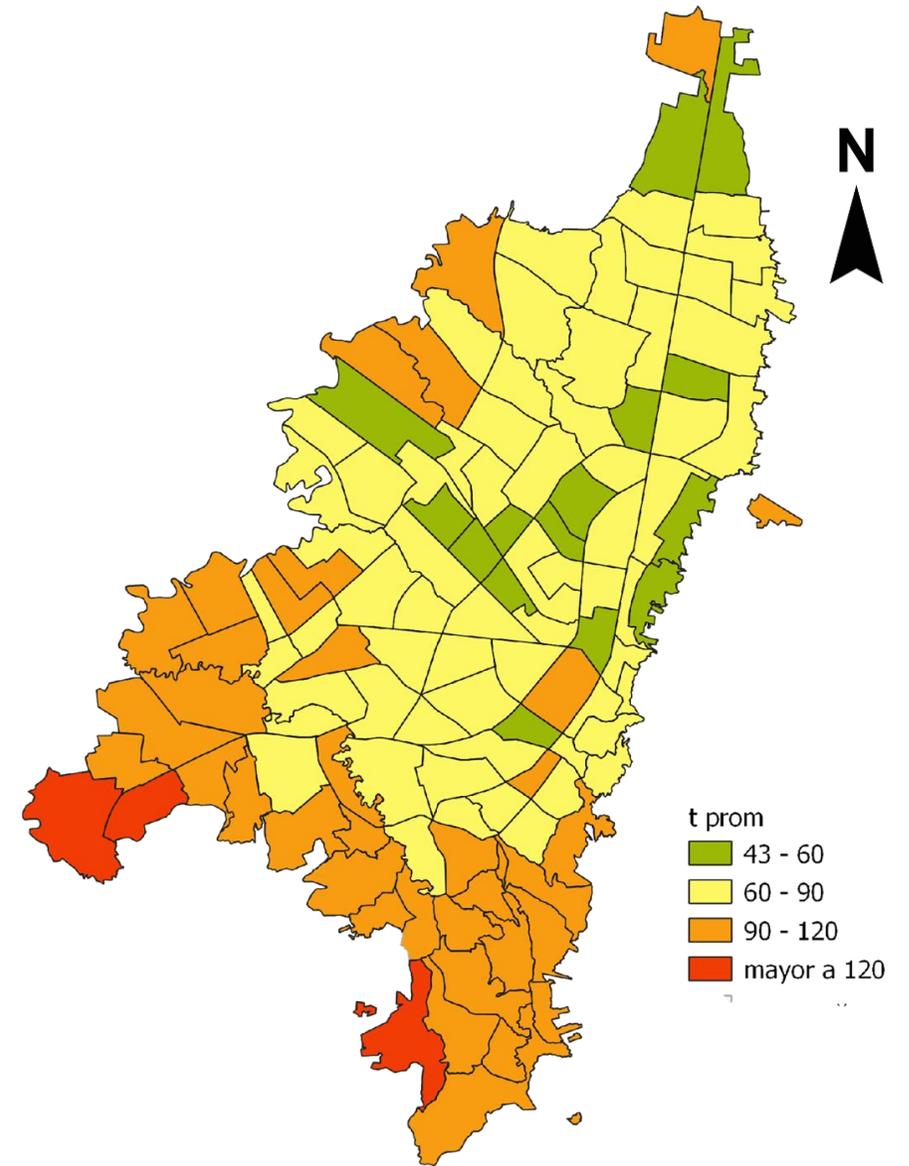
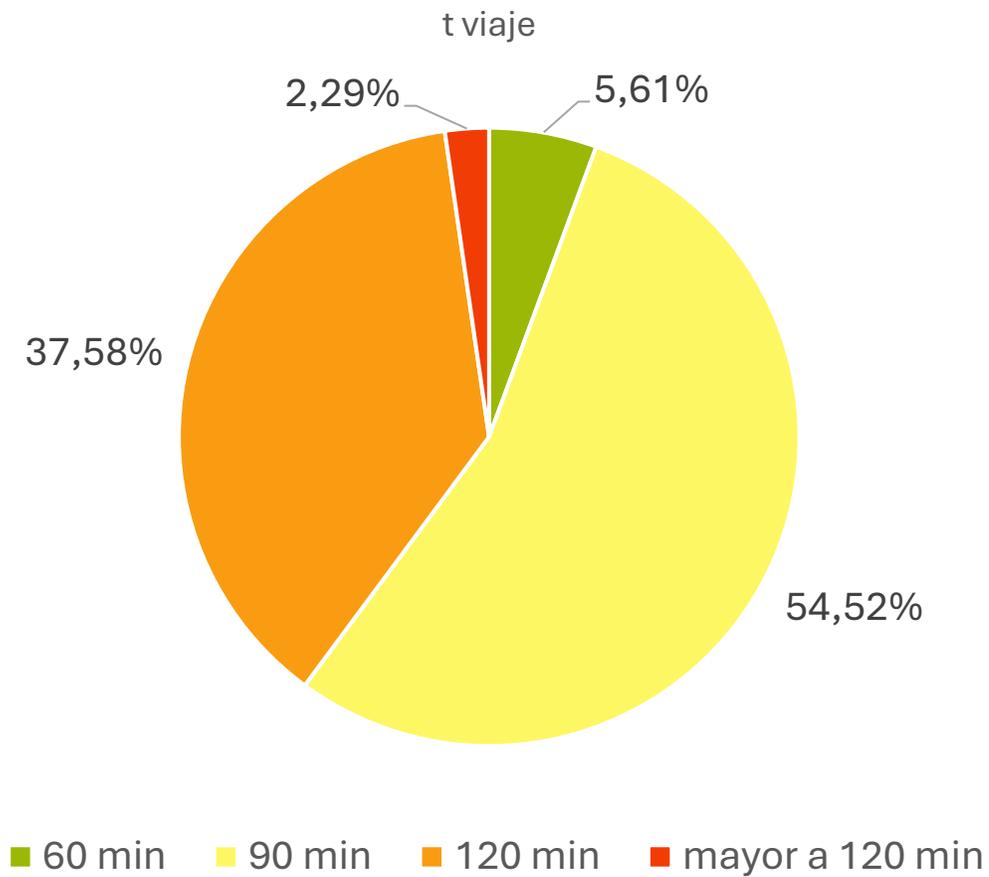
utam	nombre	viajes O	viajes D	t viaje prom	coef tviaje	r2
UTAM15	COUNTRY CLUB	3677,11663	15984,027	52,64	-0,0109	0,239
UTAM2	LA ACADEMIA	358,8609	6327,81931	59,44	0,0026	0,052
UTAM110	CIUDAD SALITRE OCCIDENTAL	7823,84207	34606,033	59,62	0,0041	0,262
UTAM76	FONTIBON SAN PABLO	3541,12313	10856,0133	81,20	0,0009	0,022
UTAM11	SAN CRISTOBAL NORTE	6434,15228	10804,2375	84,53	-0,0111	0,468
UTAM67	EL LUCERO	27802,0209	14061,0096	92,04	0,0118	0,295
UTAM71	TIBABUYES	54735,4172	20172,2852	94,41	-0,0005	0,247
UTAM74	ENGATIVA	15083,8225	10875,5217	100,20	0,0008	0,088
UTAM85	BOSA CENTRAL	47147,7611	25789,7941	102,06	-0,0015	0,324
UTAM55	DIANA TURBAY	14882,8656	2226,35402	105,05	-0,0038	0,149
UTAM574	N/A	14036,8036	9442,8568	137,16	-0,0009	0,317



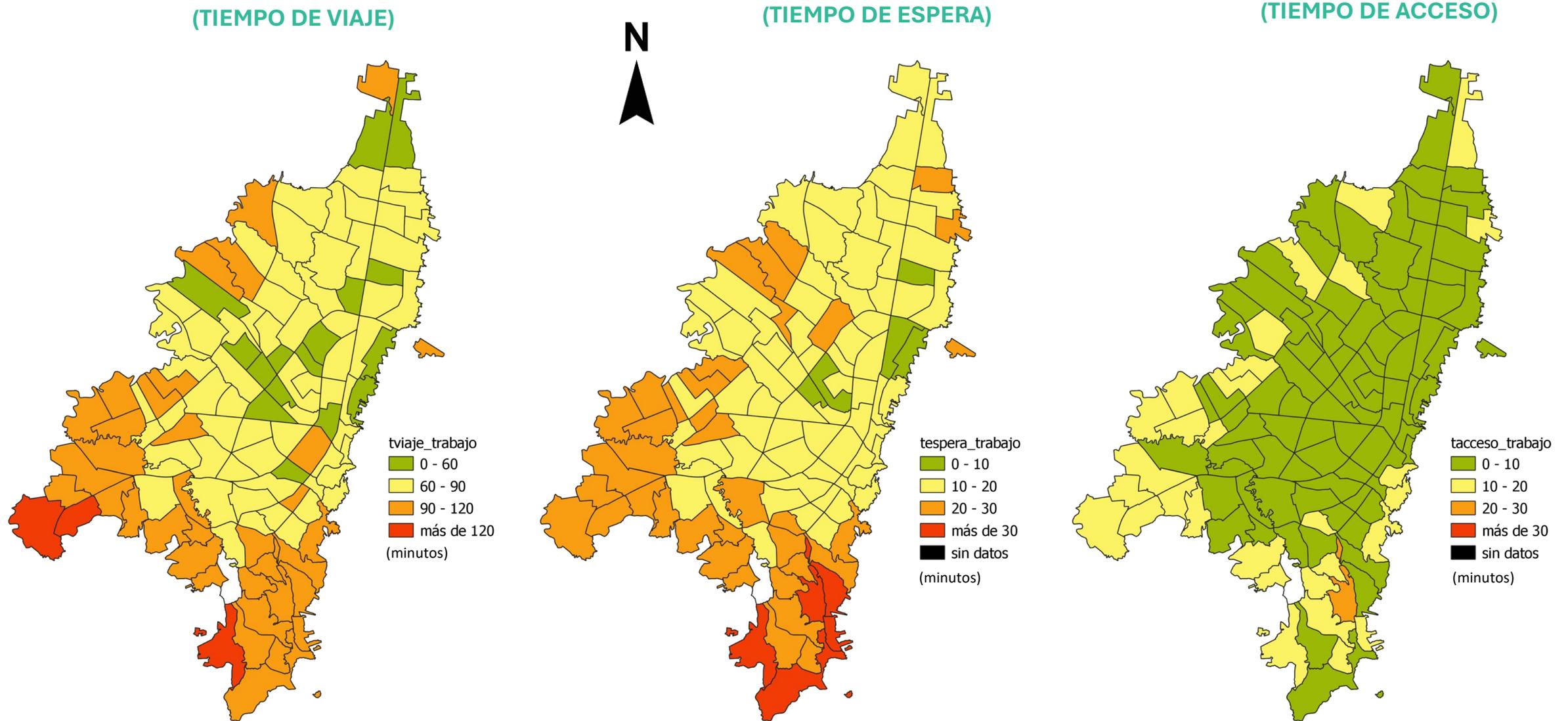
ACCESIBILIDAD Y VULNERABILIDAD SOCIOECONOMICA



TIEMPOS DE VIAJE AL TRABAJO



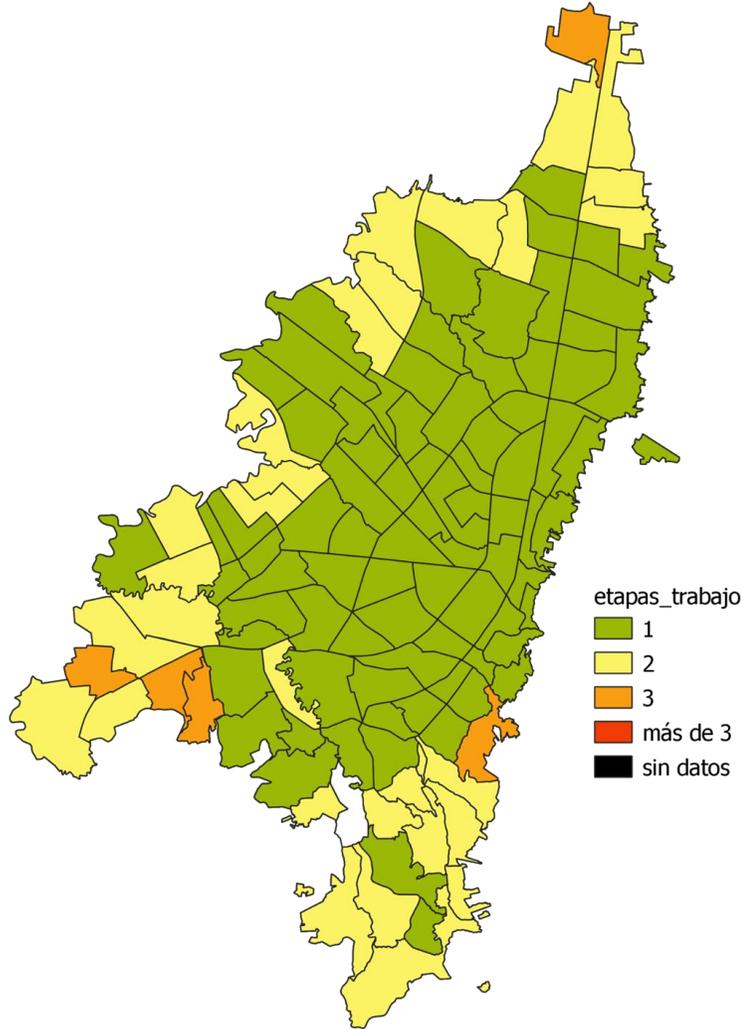
ACCESIBILIDAD LOCAL – MÚLTIPLES VARIABLES DE MOVILIDAD (TIEMPOS DE VIAJE AL TRABAJO)



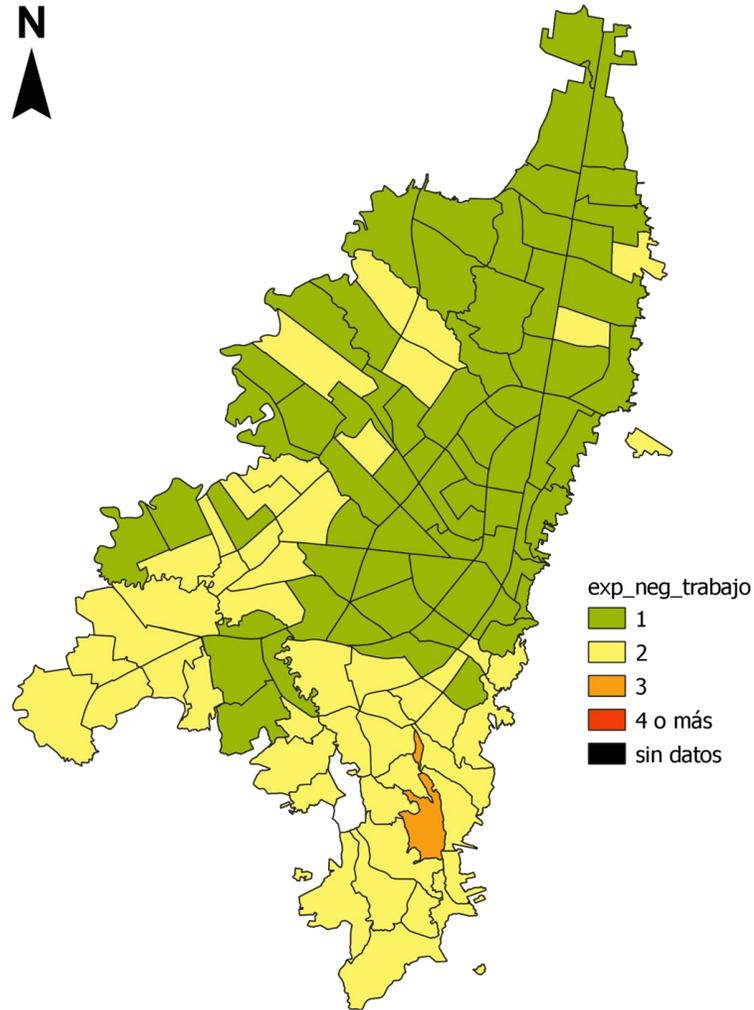
Fuente: Fernández (2023) basada en datos de la Encuesta de Movilidad de Bogotá 2019

ACCESIBILIDAD AL TRABAJO – MÚLTIPLES VARIABLES DE MOVILIDAD

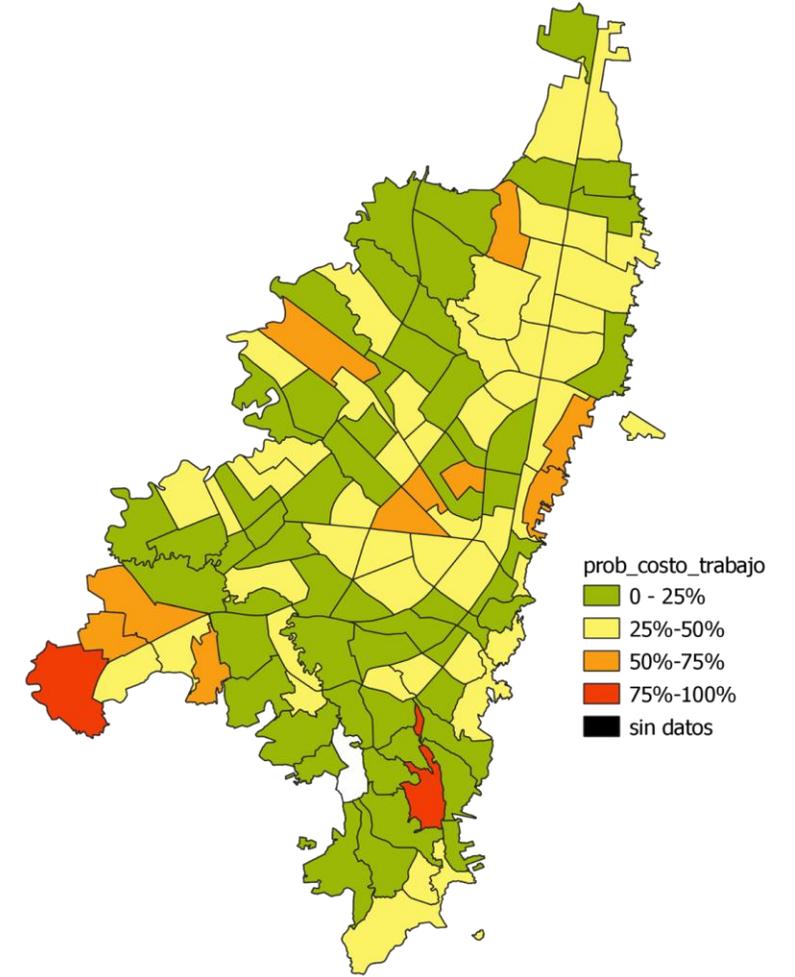
(ETAPAS DE VIAJE)



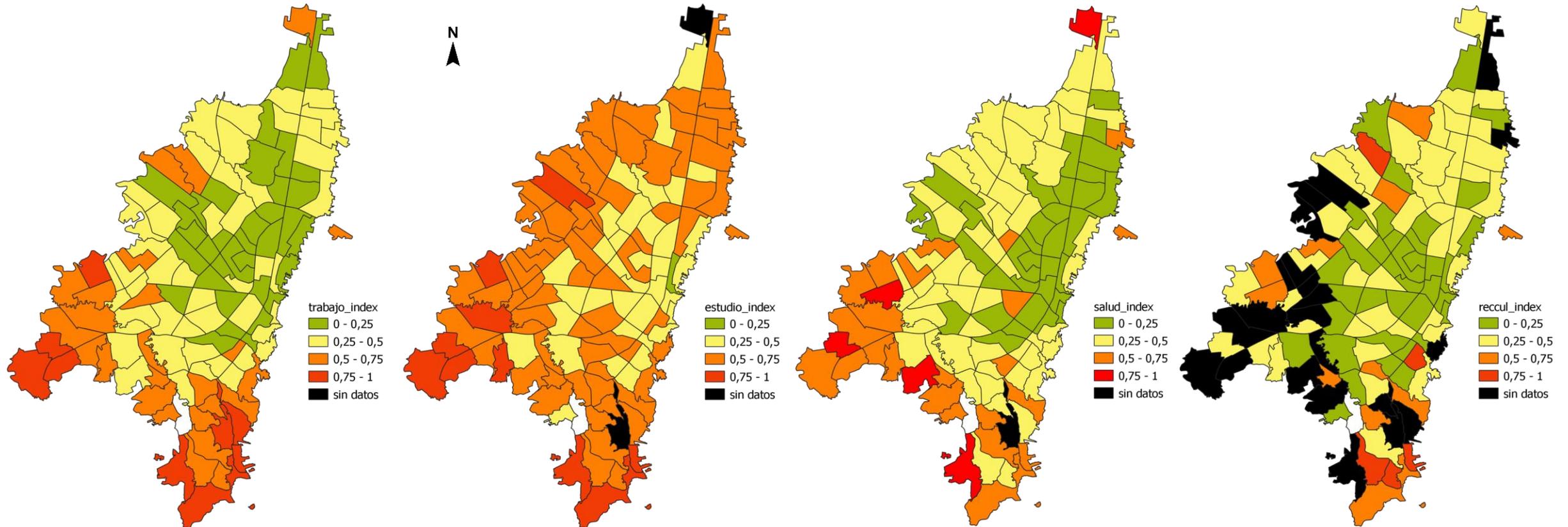
(EXPERIENCIA NEGATIVA AL VIAJAR)



(PROBABILIDAD DE PAGO DE MÁS DE 1 TARIFA)



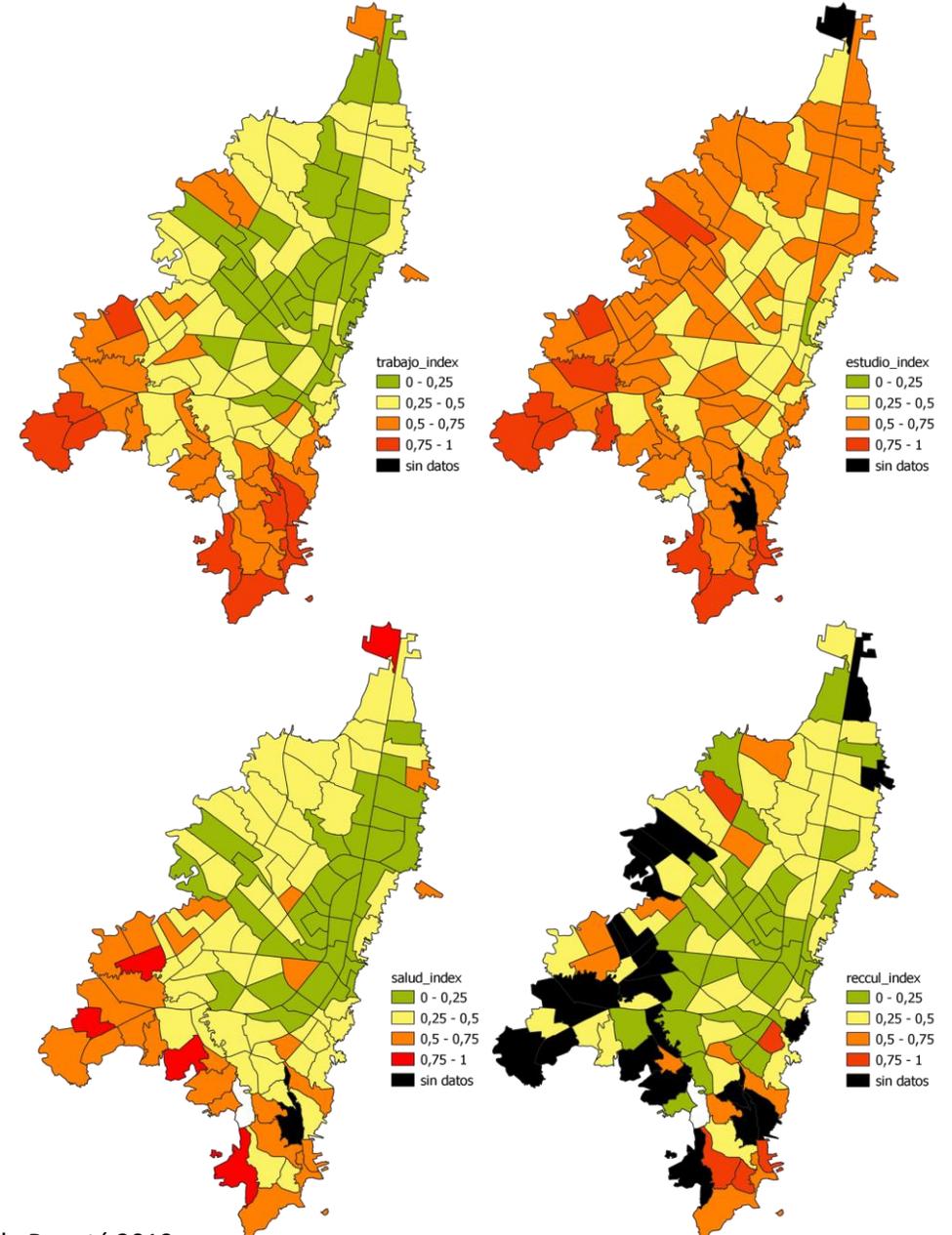
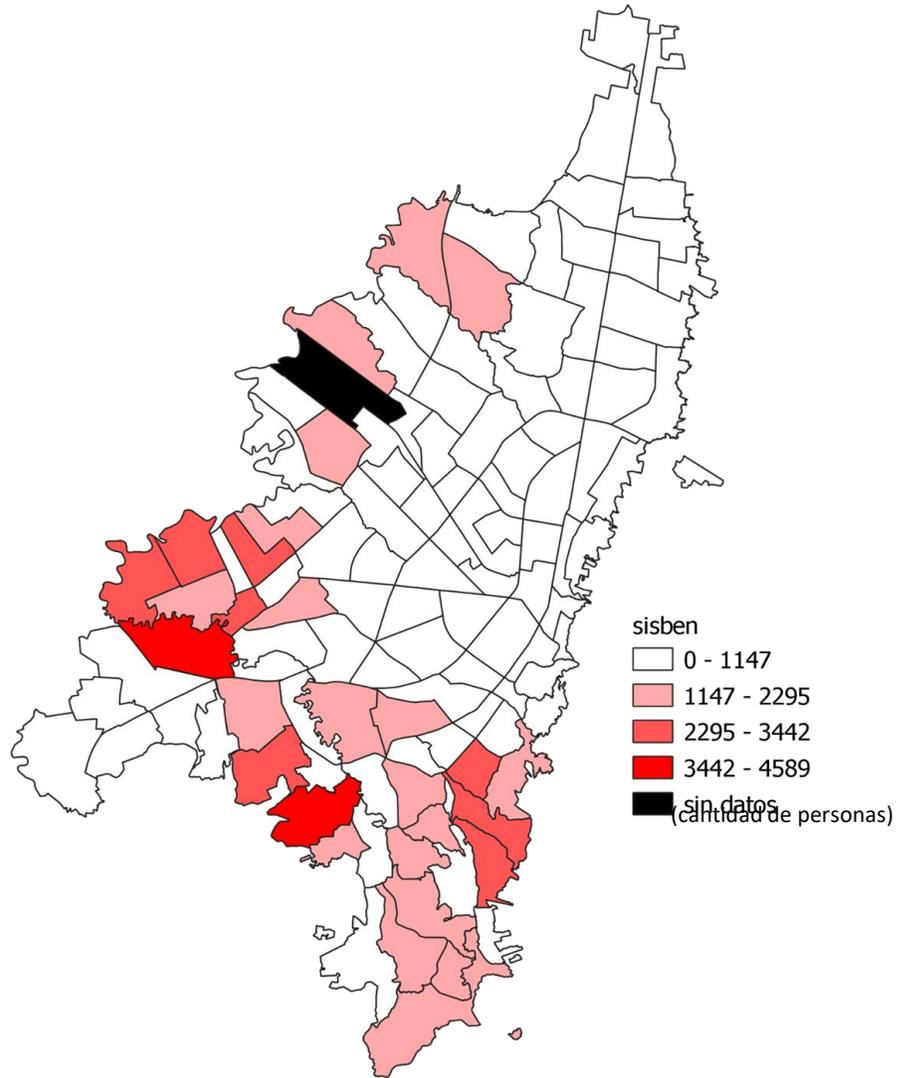
ZONIFICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD



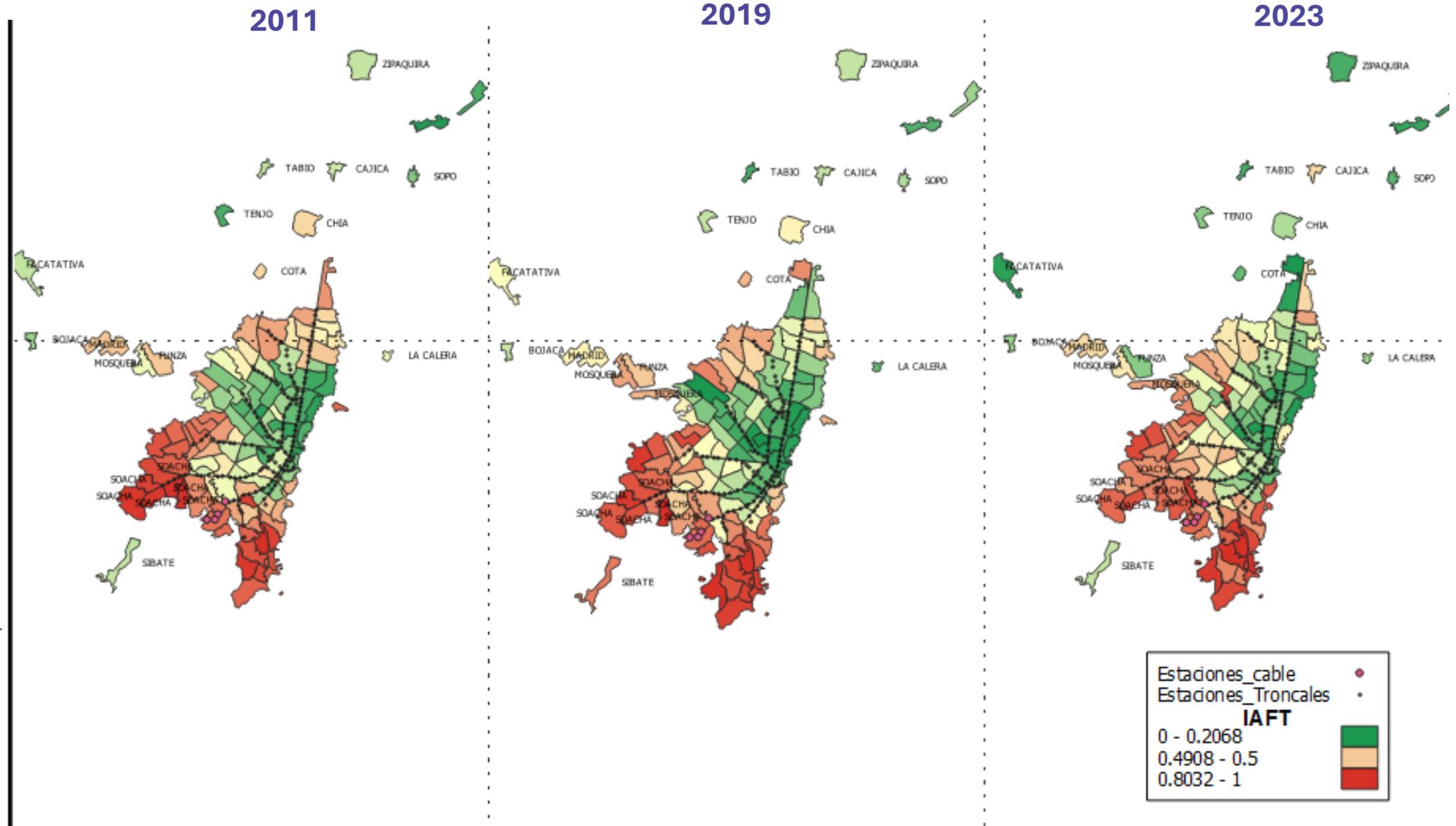
Fuente: Fernández (2023) basada en datos de la Encuesta de Movilidad de Bogotá 2019

ACCESIBILIDAD COMO EXPRESIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL Y SOCIOECONÓMICA

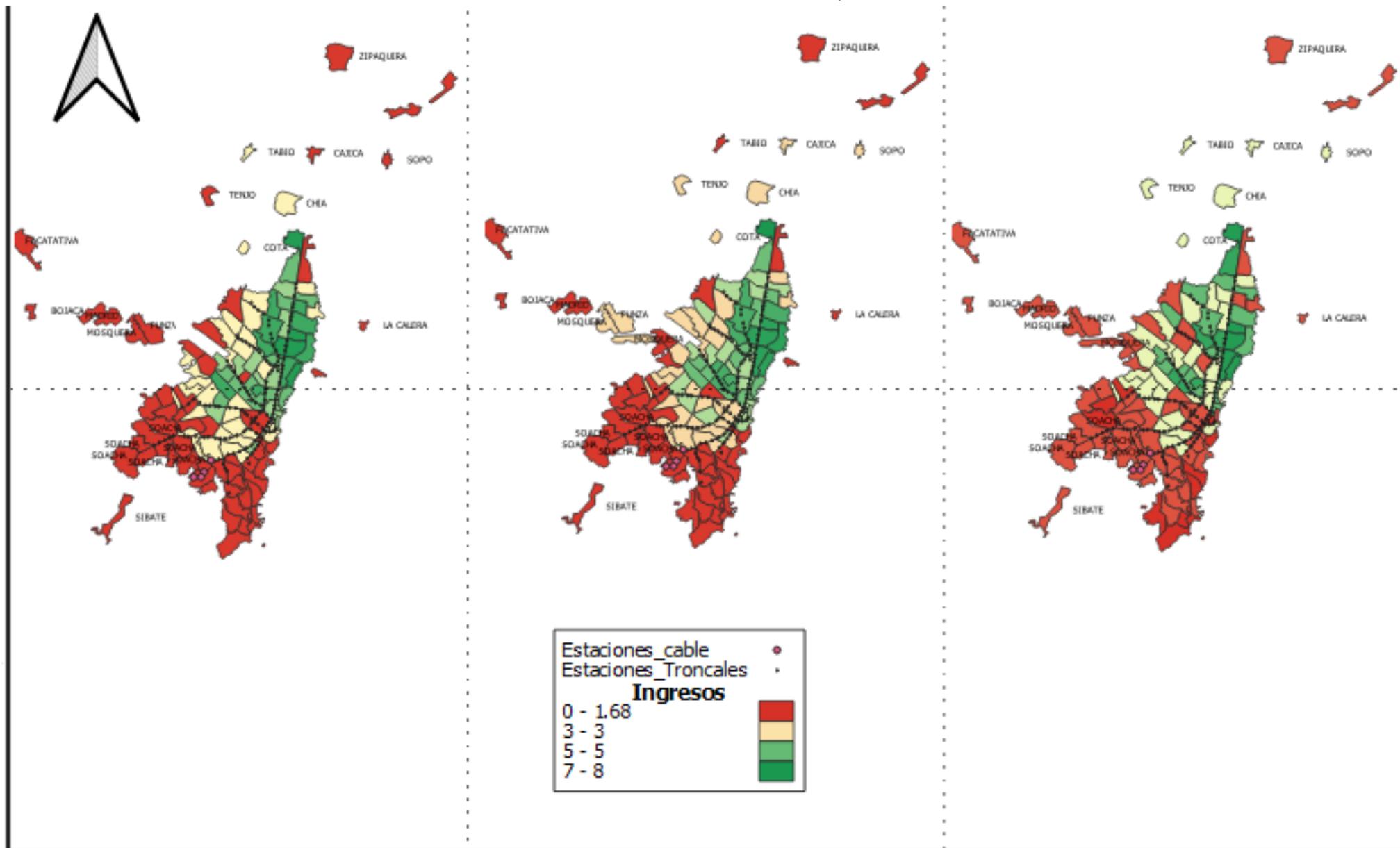
Cobertura del subsidio al TP Sisben como mitigador de la vulnerabilidad



ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE PÚBLICO (REGIÓN METROPOLITANA) IAFI 2011, 2019 Y 2023

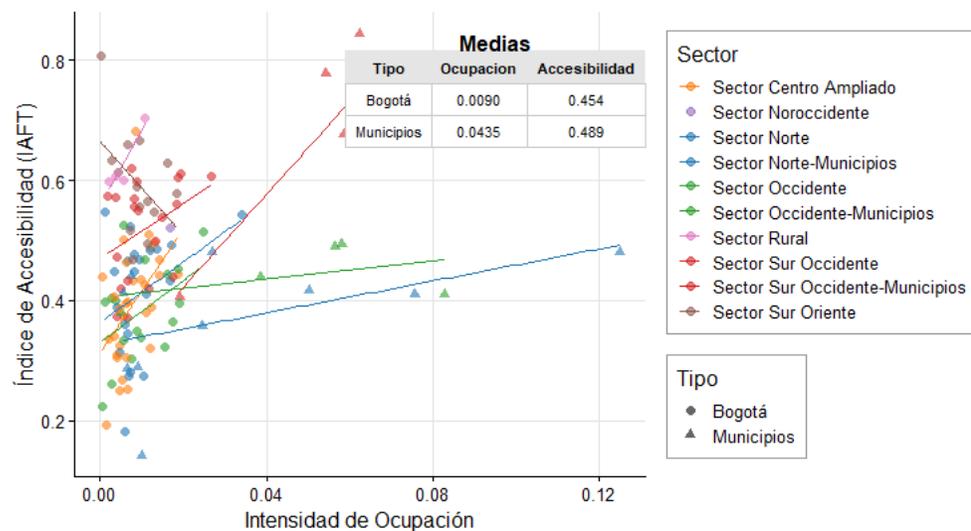


ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE PÚBLICO (REGIÓN METROPOLITANA) INGRESOS POR HOGAR 2011, 2019 Y 2023

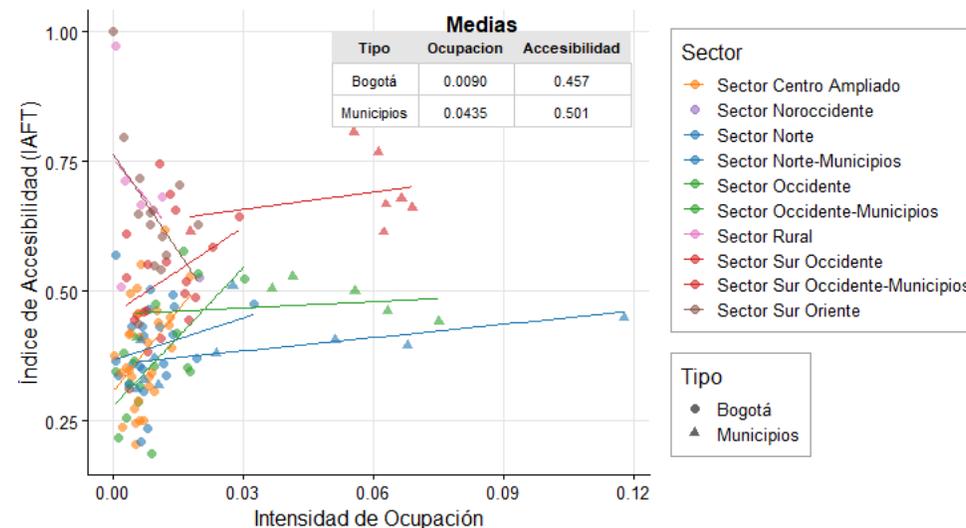


ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE PÚBLICO (REGIÓN METROPOLITANA) INGRESOS POR HOGAR 2011, 2019 Y 2023

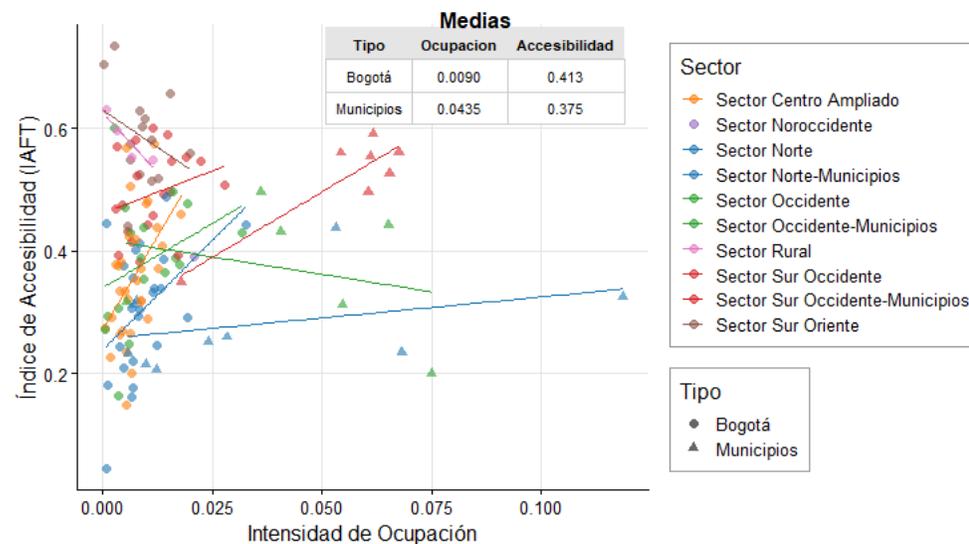
Accesibilidad vs Intensidad de Ocupación - 2011



Accesibilidad vs Intensidad de Ocupación - 2019

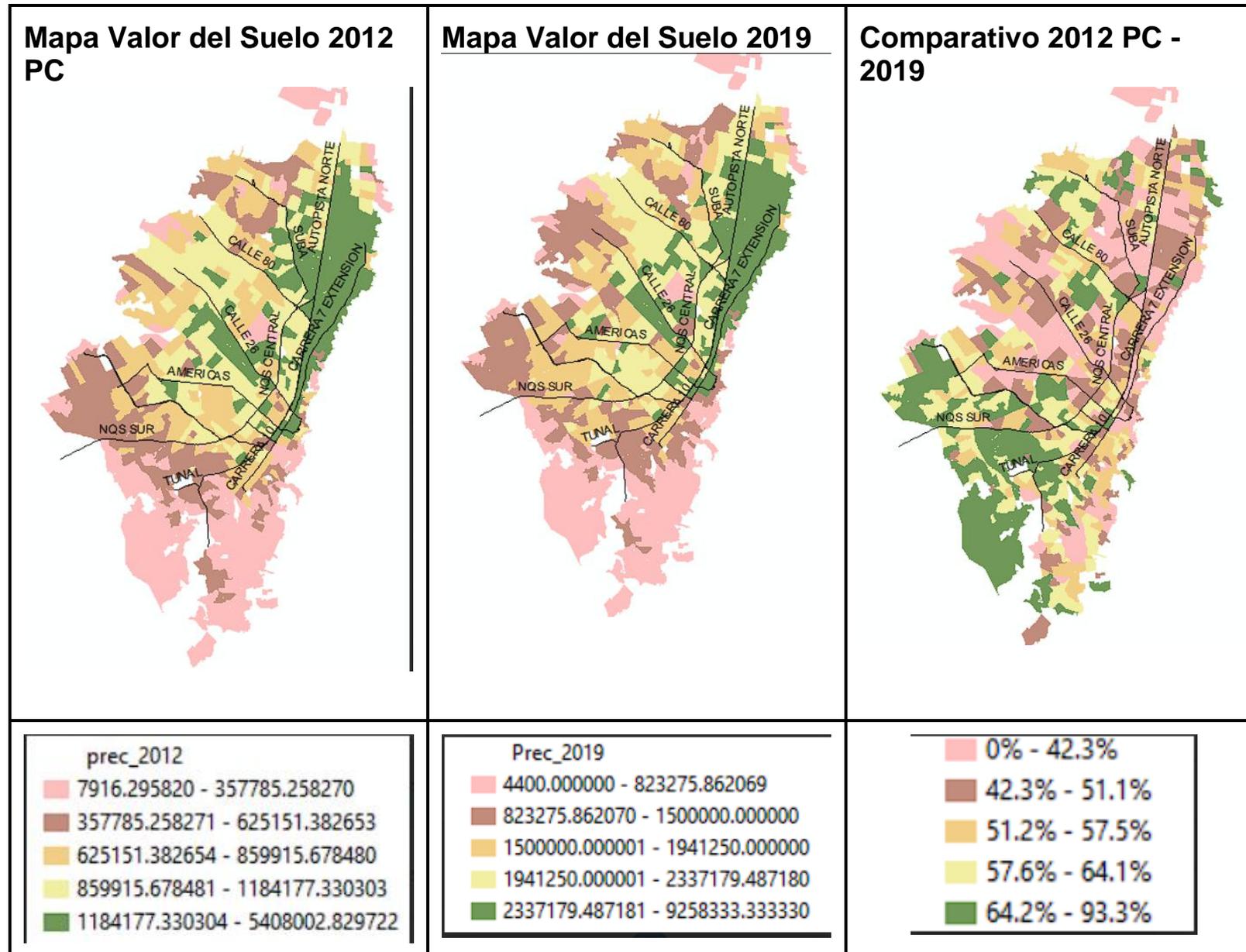


Accesibilidad vs Intensidad de Ocupación - 2023



ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE PÚBLICO BOGOTÁ – PRECIOS DE LA TIERRA URBANA

Valores a Precios Constantes de 2019



Bustos, Oscar (2025)
con datos de las EMB
y UAEC D 2011, 2019,
2023

Mediana del Valor de Referencia de Terreno por Manzana. Bogotá D.C

<https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/valor-de-referencia-por-metro-cuadrado-de-terreno>

ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE PÚBLICO BOGOTÁ – PRECIOS DE LA TIERRA URBANA

Gráfico de convergencia: valor inicial vs. crecimiento del suelo urbano

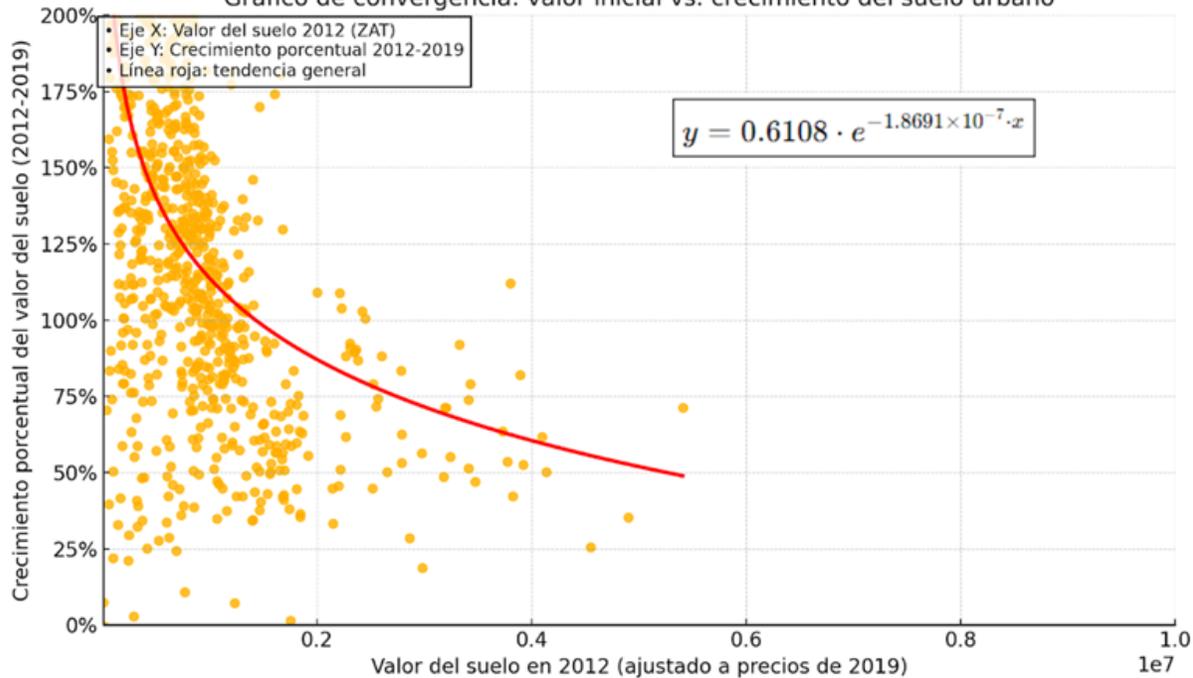
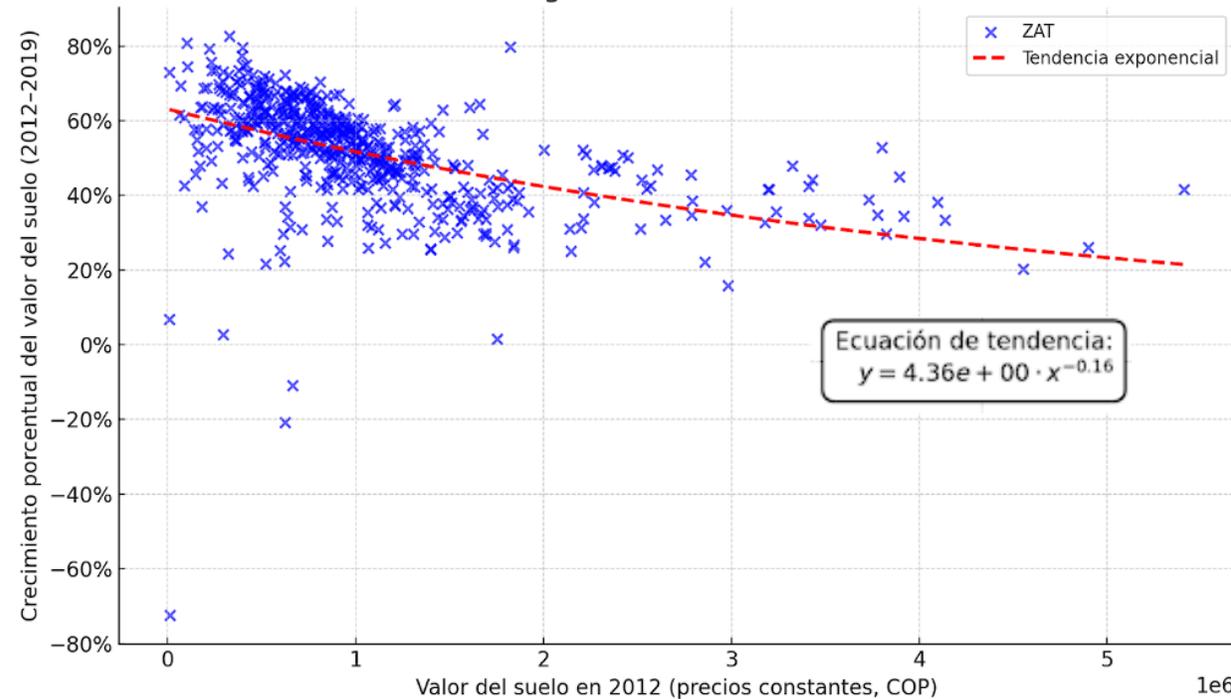
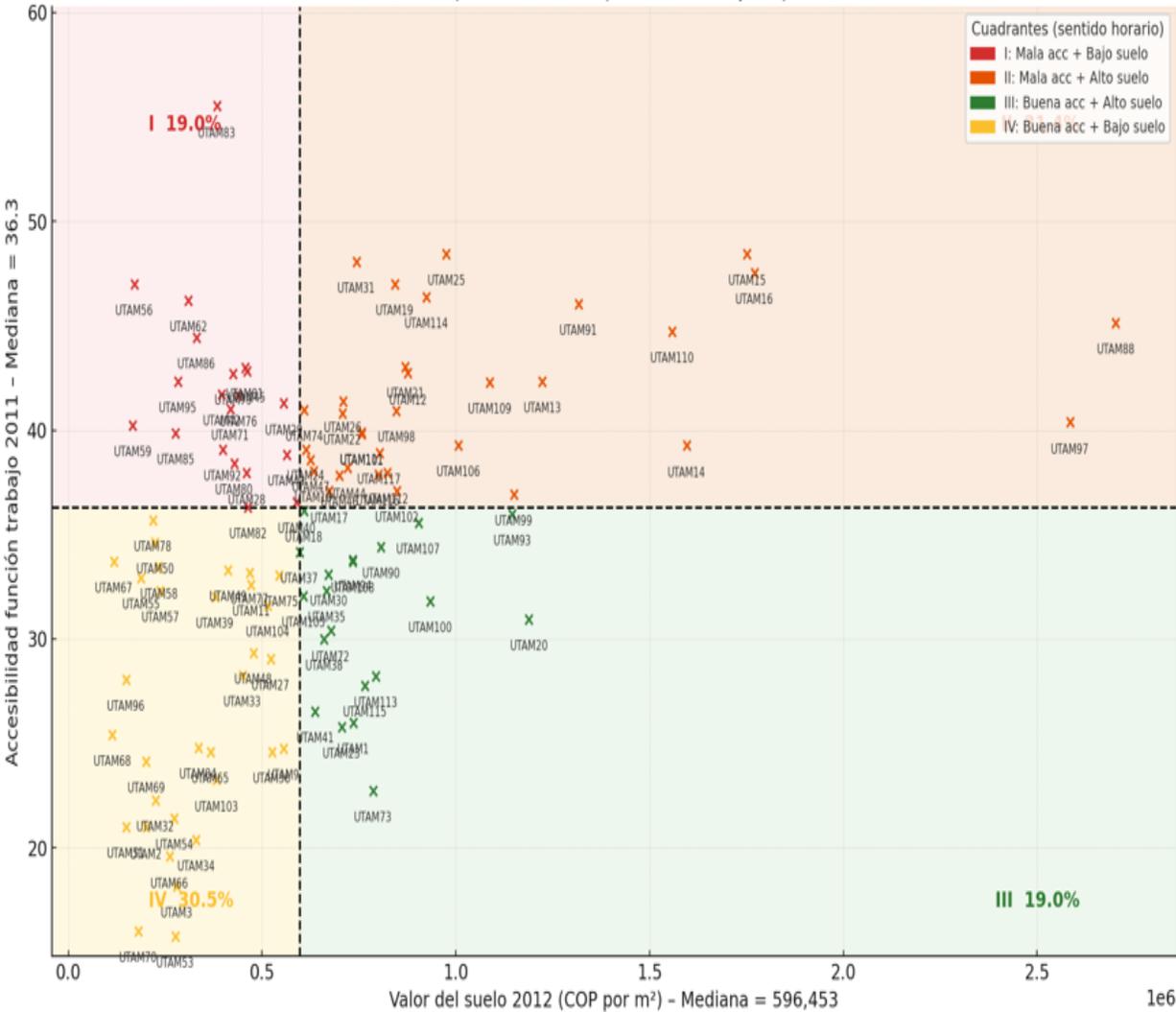


Gráfico de convergencia - ZAT cercanas a TransMilenio

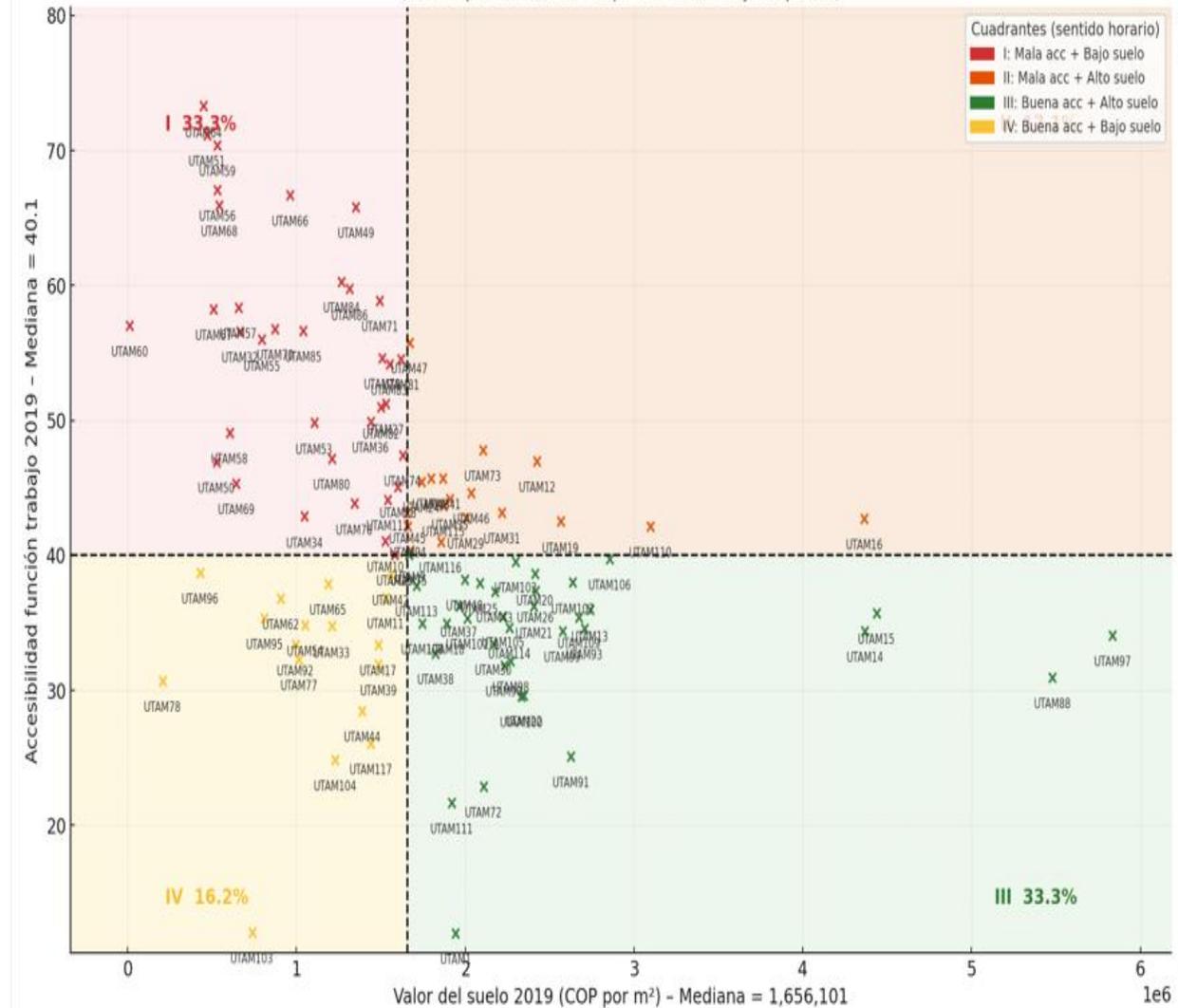


ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE PÚBLICO BOGOTÁ – PRECIOS DE LA TIERRA URBANA

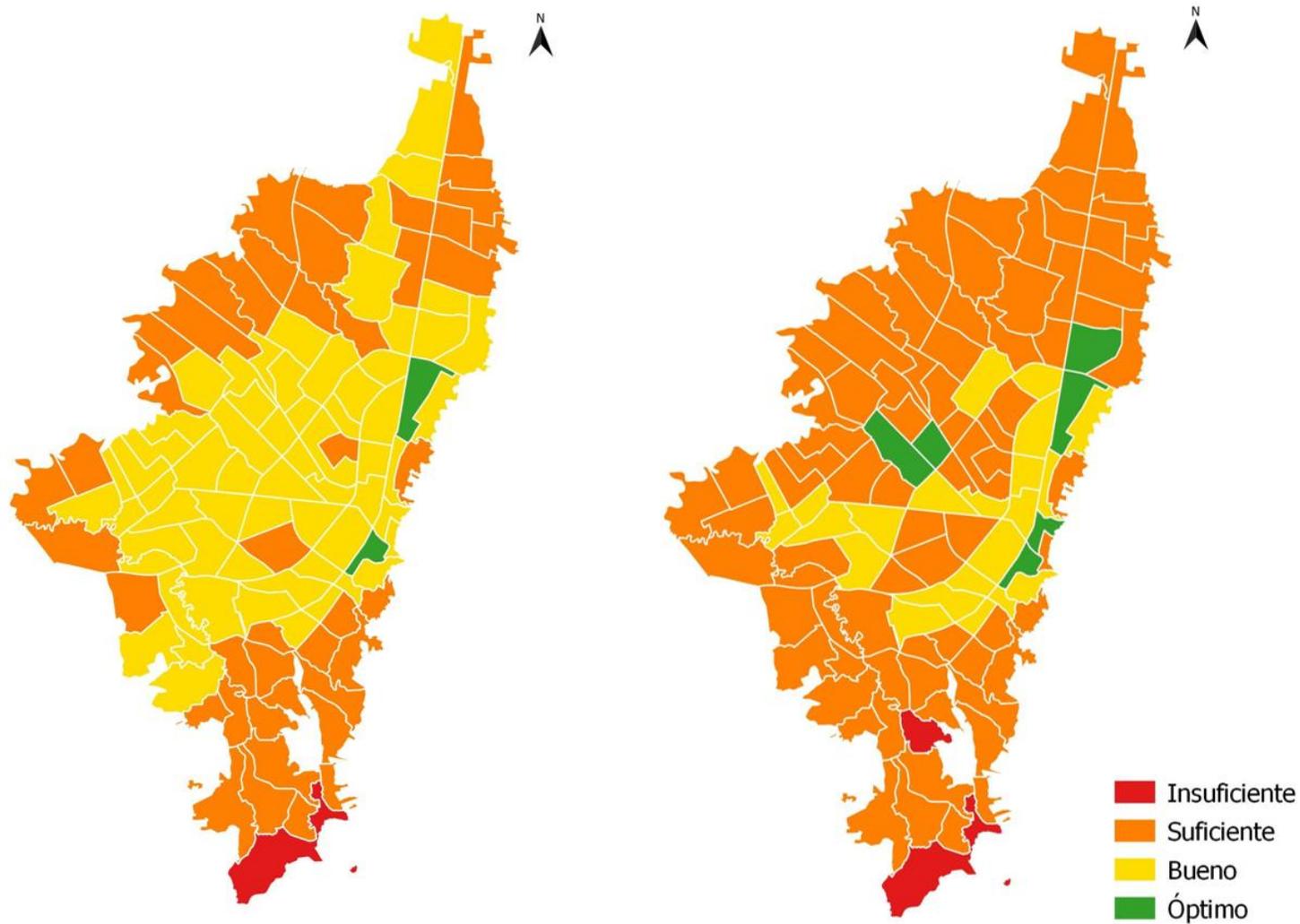
Accesibilidad (2011) vs Valor del Suelo (2012) por UTAM
(cortes por mediana; etiquetas UTAM bajo el punto)



Accesibilidad (2019) vs Valor del Suelo (2019) por UTAM
(cortes por mediana; etiquetas UTAM bajo el punto)



Índice de Caminabilidad de Bogotá para Población General vs Personas Mayores (2022)



Población general

Población mayor

- **La accesibilidad urbana** es una condición fundamental para entender la desigualdad, sostenibilidad y segregación en un territorio (ciudades, metrópolis y regiones)
- La estimación del nivel de accesibilidad a través del transporte público (usando una medida sintética) permite considerar **diversas realidades de la movilidad** y a su vez **reduce el riesgo de desestimar** el impacto de dichas realidades en el acceso a oportunidades y otras aproximaciones de entender la accesibilidad.
- La segregación socioespacial se refleja desde y a través de la accesibilidad, las **zonas con niveles de menor accesibilidad** son a su vez aquellas que tienden a **mayor concentración de condiciones de pobreza y mayor vulnerabilidad socioeconómica**, evidenciando marcadas diferencias y desigualdades en el territorio. Aquellos que son más vulnerables ven limitado su acceso a las oportunidades y a los beneficios de la ciudad desde una **noción espacial y de movilidad**.
- El goce, disfrute y uso de la ciudad es un derecho que sus habitantes deben buscar y ejercer, por lo que es **imperativo que desde el conjunto de las política públicas urbanas (metropolitanas) se avance hacia una menor desigualdad de la accesibilidad**, a pesar de lo estructural que resultan los patrones del ordenamiento territorial.
- La revisión de **los niveles de accesibilidad** entendida como una expresión espacial del potencial de las oportunidades y las posibilidades de alcanzarlas, ofrece un enfoque para **entender socioespacialmente la vulnerabilidad social y territorial como expresión de la desigualdad urbana**

GRACIAS

César A. Ruiz-Rojas
caruizro@unal.edu.co

Carolina Fernández-Peña
lcfernandezpe@unal.edu.co

Oscar Iván Bustos
osbustos@unal.edu.co

Viviana Obando
vobando@unal.edu.co

Angie Tatiana Ángel
aangelch@unal.edu.co

Facultad de
INGENIERÍA
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA