

# Accesibilidad de la bicicleta como medio de transporte a puestos de trabajo y estudio: análisis de equidad según perfiles socioeconómicos

---

Rosas-Satizábal, D.<sup>1</sup>, Guzmán, L.A.<sup>1</sup>, Oviedo, D.<sup>2</sup>

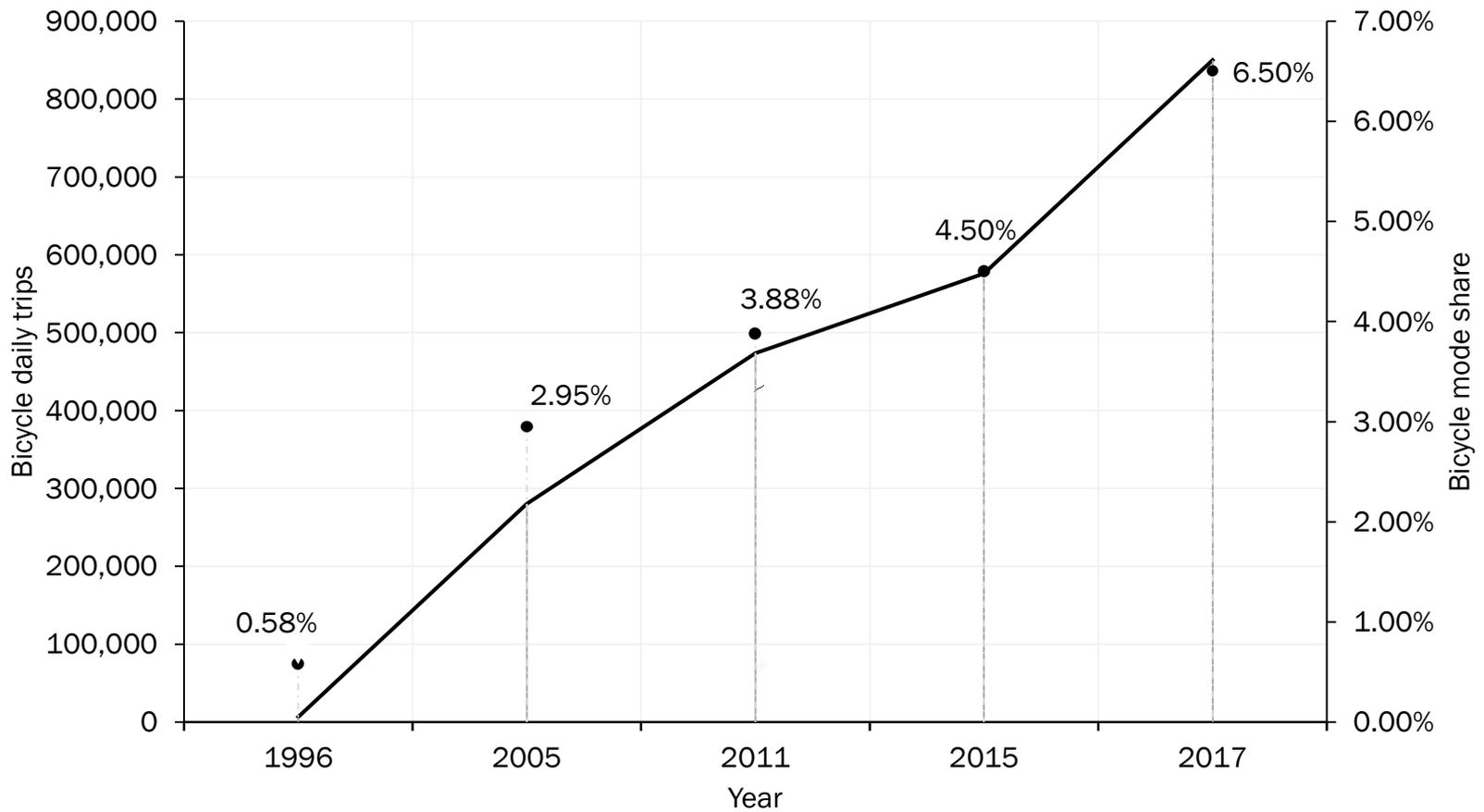
<sup>1</sup>Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Development Planning Unit, University College London, London, UK.

Cartagena de Indias, Colombia  
26-28 de Junio de 2019

# INTRODUCCIÓN

Evolución del uso de la bicicleta en Bogotá



## Área de estudio

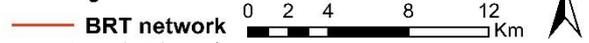
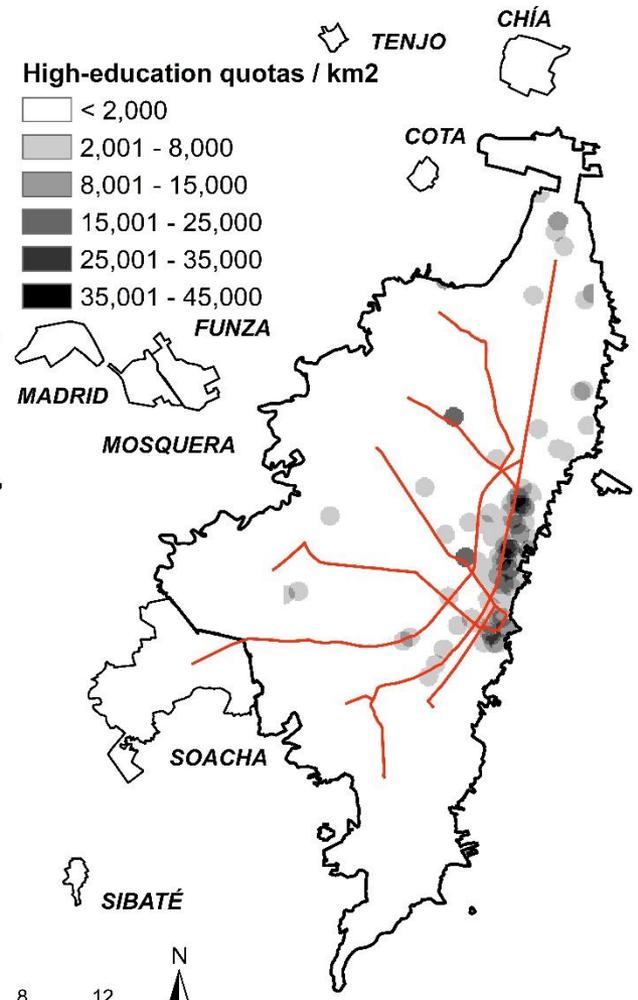
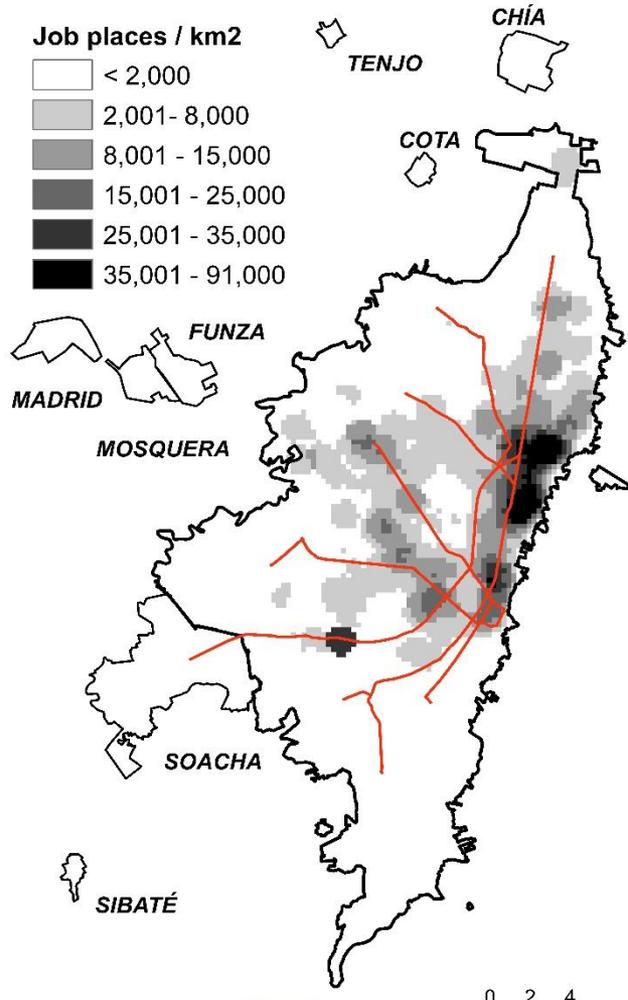
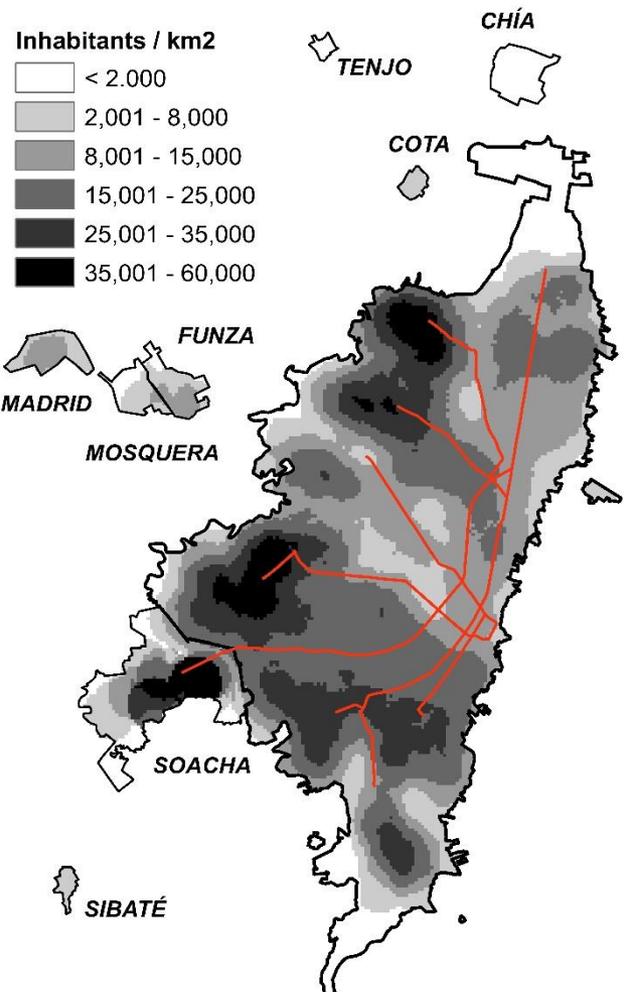
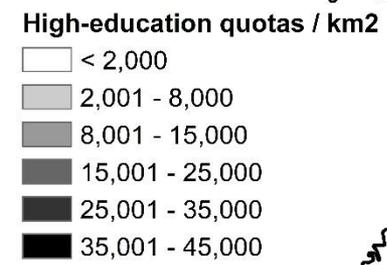
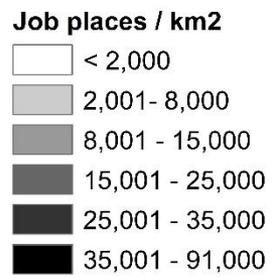
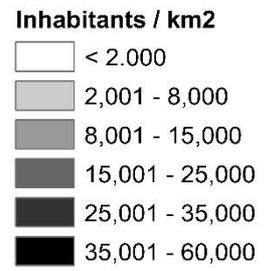


# INTRODUCCIÓN

Población

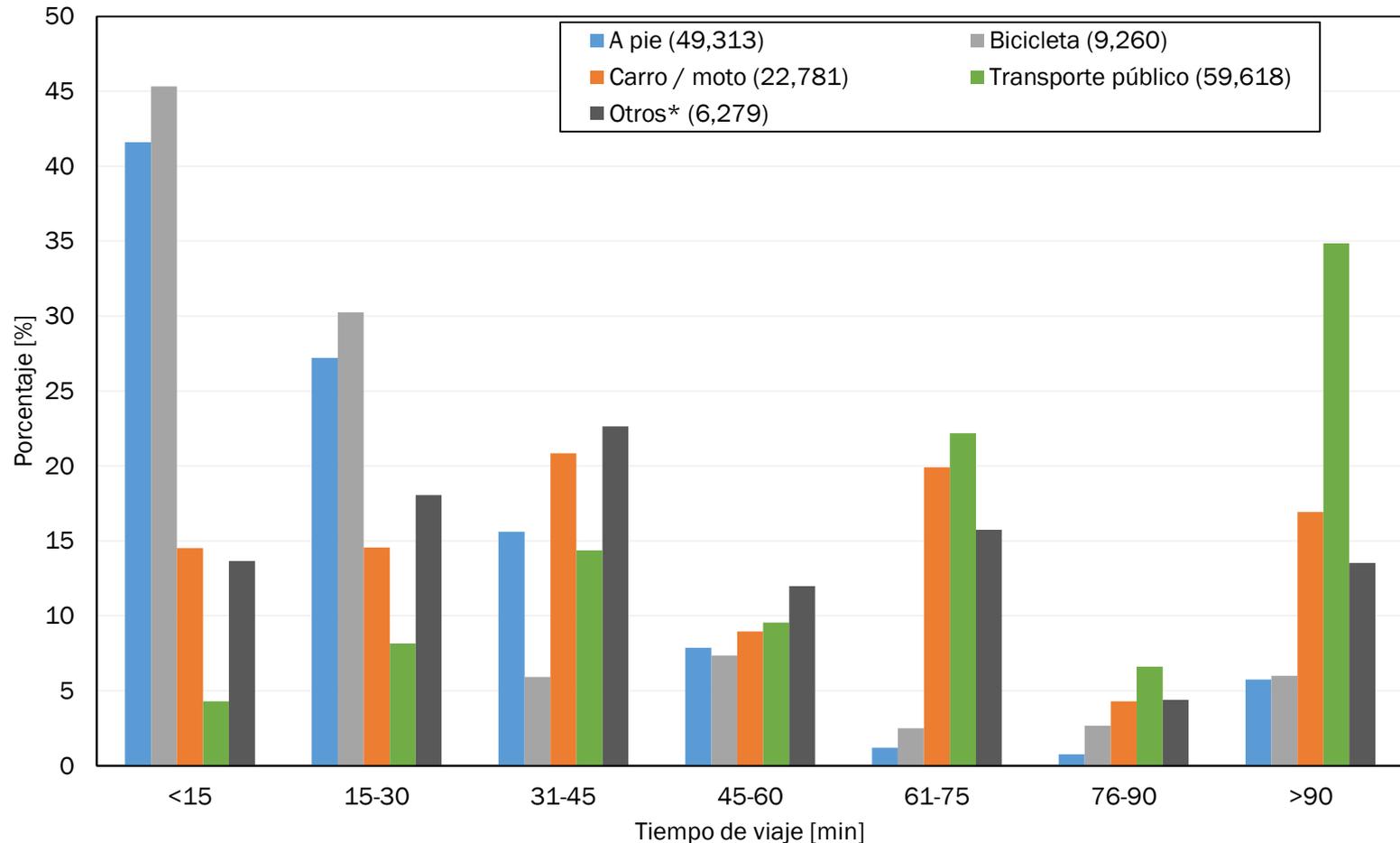
Empleos

Cupos instituciones educación superior



# INTRODUCCIÓN

## Tiempos de viaje en Bogotá y la región



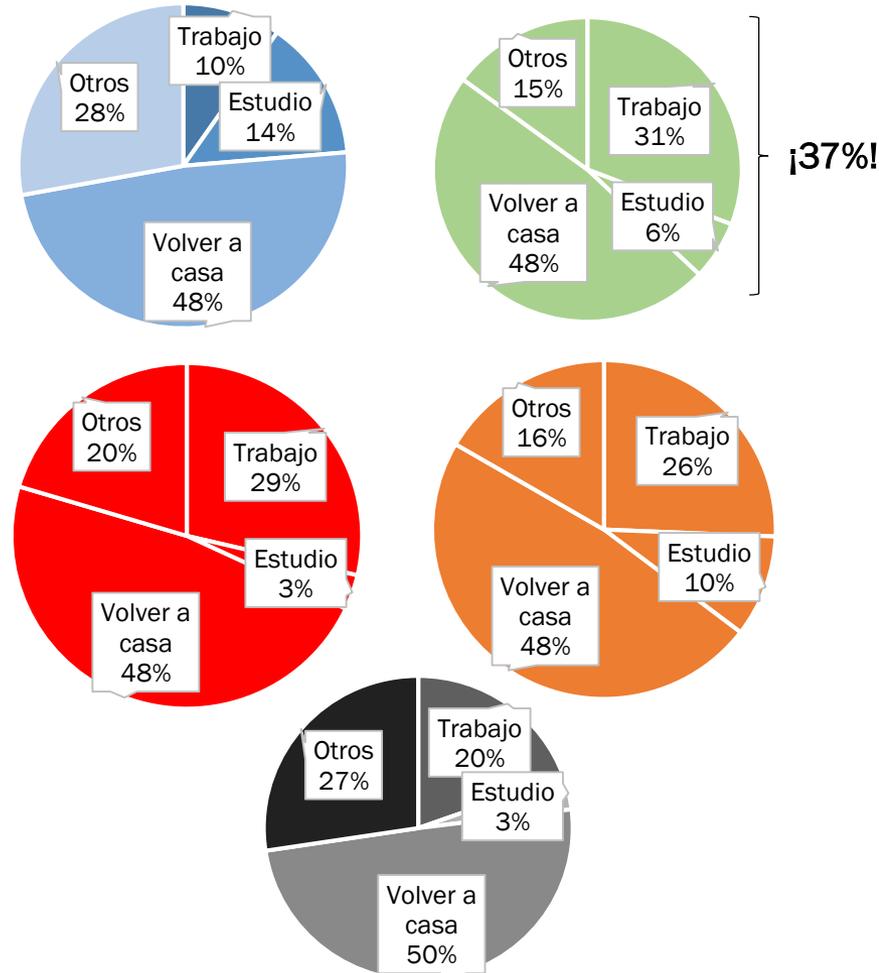
\*\* Otros modos son taxi, TNCs y modos informales

# INTRODUCCIÓN

- A pie (49,313)
- Bicicleta (9,260)
- Carro / moto (22,781)
- Transporte público (59,618)
- Otros\* (6,279)

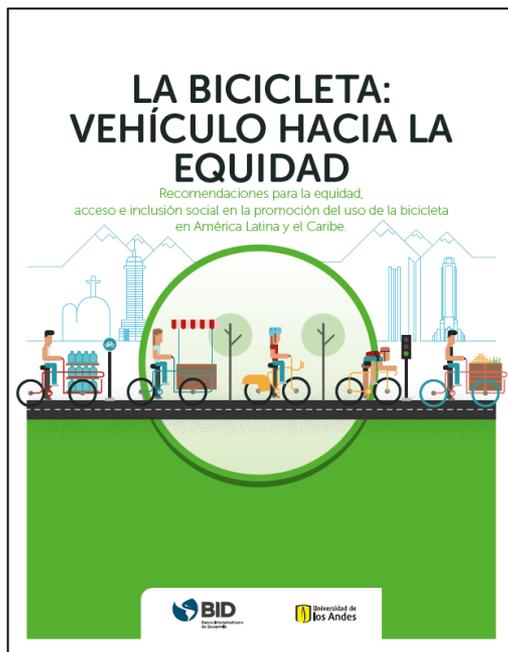
\* Otros modos son taxi, TNCs y modos informales

Otros motivos son salud, diligencias, recreación, ocio, comer, ver a alguien



# PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Tienen todos los ciclistas urbanos la misma accesibilidad a las oportunidades de trabajo y estudio?



Sustainable mobility:  
getting people on board

Module 1e  
GIZ Sourcebook on Sustainable Transport for Policy Makers in Cities  
Update 2018

Published by **giz** German Development Cooperation (GIZ) GmbH **SUTP.** GIZ-SUTP is proud partner of: **RAM** Red Académica de Movilidad **Transformative Urban Mobility**

## General

Evaluar cómo se distribuye la accesibilidad a oportunidades de empleo y educación de la población ciclista de Bogotá

## Específicos

1. Identificar si existen grupos diferentes según comportamientos de viaje y características socioeconómicas dentro de la misma población de ciclistas urbanos en Bogotá
2. Evaluar la distribución de la accesibilidad a las oportunidades de trabajo y estudio

# REVISIÓN DE LITERATURA

## ACCESIBILIDAD PARA EL MODO BICICLETA

	lacono et al. 2010	McNeil et al. 2011	Lowry et al., 2012	Saghapour et al., 2017	Arranz- López et al., 2018	Pritchard et al. 2019
Ciudad (población)	Minneapolis (400,000)	Portland (594,000)	Moscow, Idaho (25,000)	Melbourne región (4.5 M)	Zaragoza (665,000)	Sao Paulo región (12 M)
Análisis conjunto con peatones	Sí	No	No	No	Sí	No
Unidad de análisis	Puntos	Puntos	Puntos	Áreas	Áreas	Áreas
Variable de impedancia/costo	Tiempo & Distancia	Distancia	Distancia	Tiempo & Distancia	Distancia (basada en disposición de tiempo)	Distancia
Oportunidades en destino	Restaurantes y compras	Múltiples ponderadas	Múltiples	Salud, educación, tiendas, recreación	Tiendas	Estaciones de bus
Clusterización	No	No	No	No	Sí (K-modes)	Sí (K-modes)

- Ecuación general del modelo gravitacional de accesibilidad potencial

$$A_i = \sum_{j=1}^n a_j * f(d_{ij})$$

$A_i$  = accesibilidad del individuo en origen  $i$

$a_j$  = atractividad del destino  $j$

$f(d_{ij})$  = función de impedancia (costo) entre origen  $i$  y destino  $j$

$n$  = número de oportunidades de trabajo y estudio

$$f(d_{ij}) = e^{-\beta_k X_{ij}}$$

tiempo

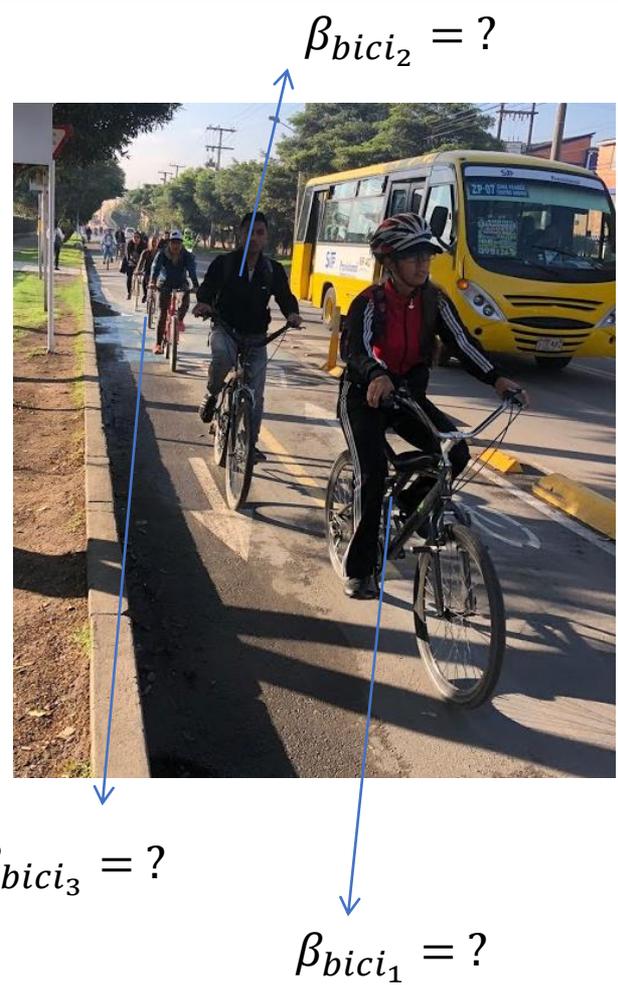
distancia

$\beta_{ik}$  = parámetro de decaimiento de clúster  $k$

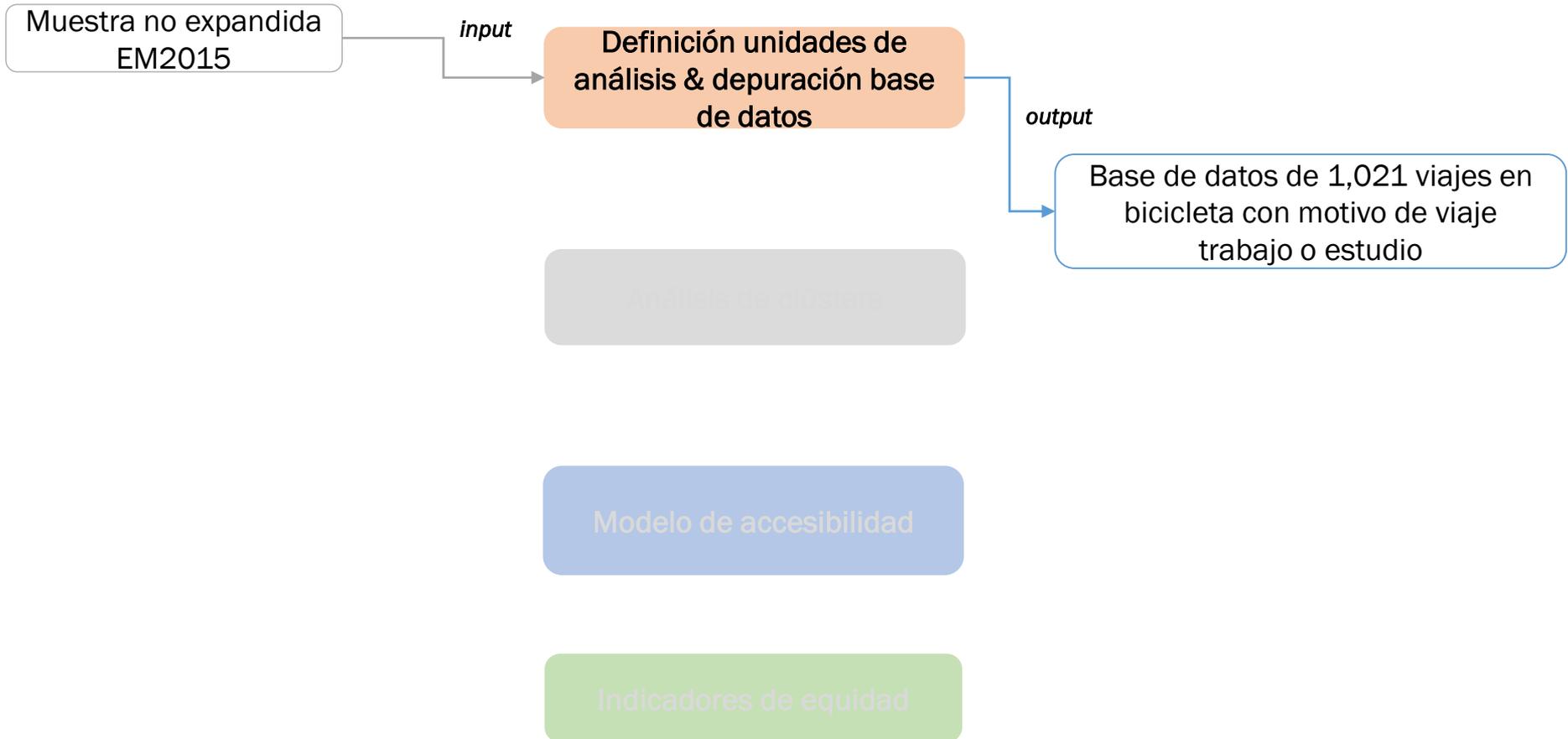
$X_{ij}$  = variable de impedancia o costo entre origen  $i$  y destino  $j$

$$A_i = \sum_{j=1}^n a_j * e^{-\beta_k X_{ij}}$$

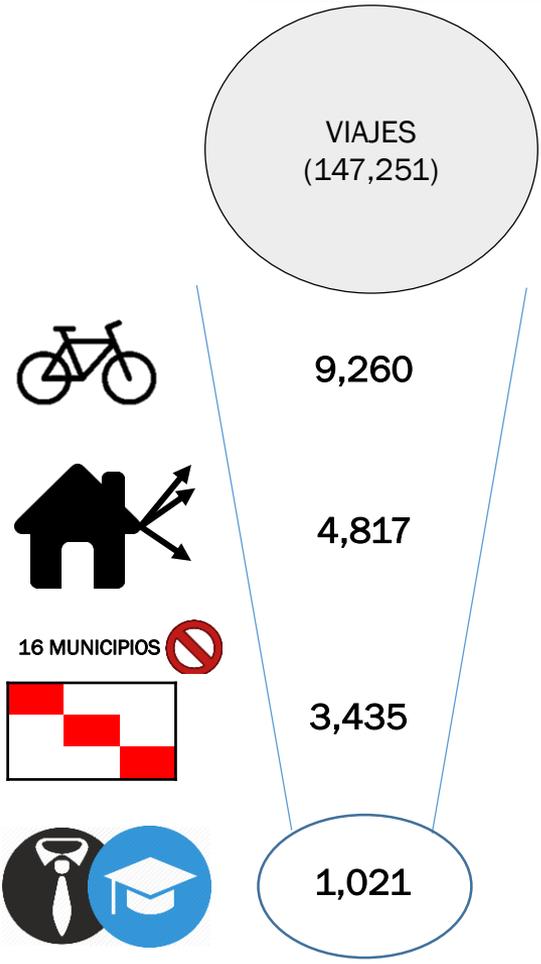
# METODOLOGÍA



**Agrupación de segmentos similares**

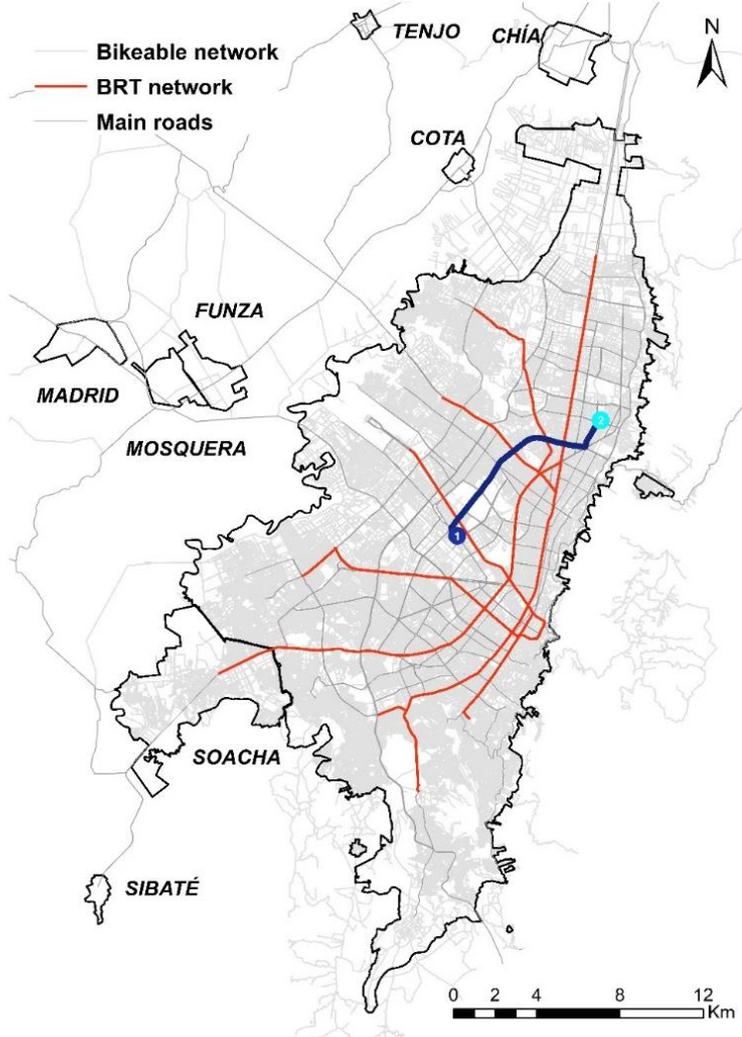


# METODOLOGÍA



# METODOLOGÍA

Cálculo de distancias de viajes de análisis en red (1,021 distancias)



Cálculo de ruta más directa

Prioridad vías principales

- 59% de las ciclorrutas están en vías principales

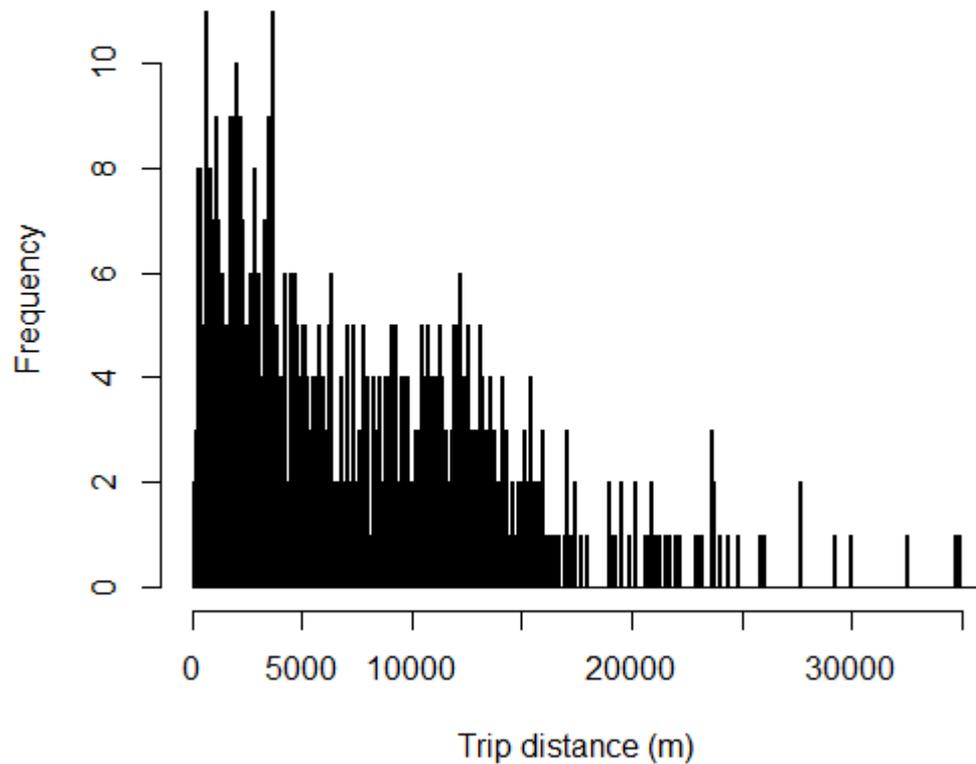
Refleja la realidad

$$A_i = \sum_{j=1}^n a_j * e^{-\beta_k X_{ij}}$$

# METODOLOGÍA

## Distancias calculadas de viaje en bicicleta

### Work and study bicycle trips distance (n=1021)



Muestra no expandida  
EM2015

input

Definición unidades de análisis  
& depuración base de datos

output

Base de datos de 1,021 viajes en  
bicicleta con motivo de viaje trabajo o  
estudio

BD 1,021 viajes en  
bicicleta por trabajo o  
estudio con distancias

input

Análisis de clústers

output

Clústers de muestra de viajes en  
bicicleta

BD viajes en bicicleta  
por trabajo o estudio  
clusterizados con  
distancias

input

Modelo de accesibilidad

output

$$A_i = \sum_{j=1}^n a_j * e^{-\beta_k X_{ij}}$$

Parámetros de impedancia por clúster  
Valores de accesibilidad en el espacio

Indicadores de equidad

# METODOLOGÍA

VIAJES  
(147,251)

PERSONAS  
(91,765)

HOGAR  
(28,212)

1,021

1,021

992

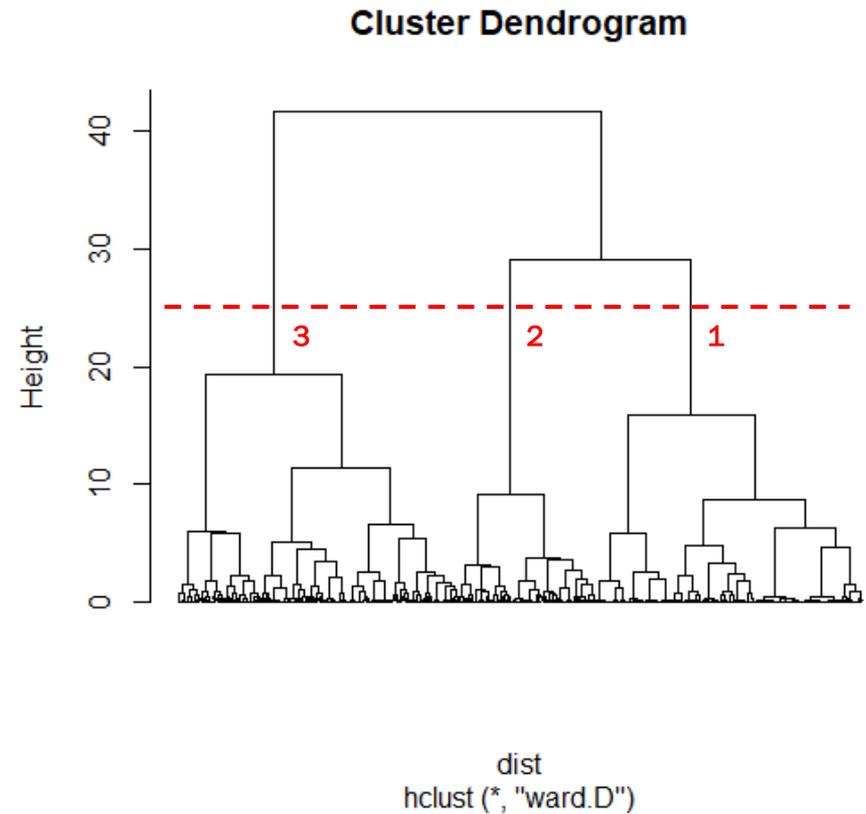
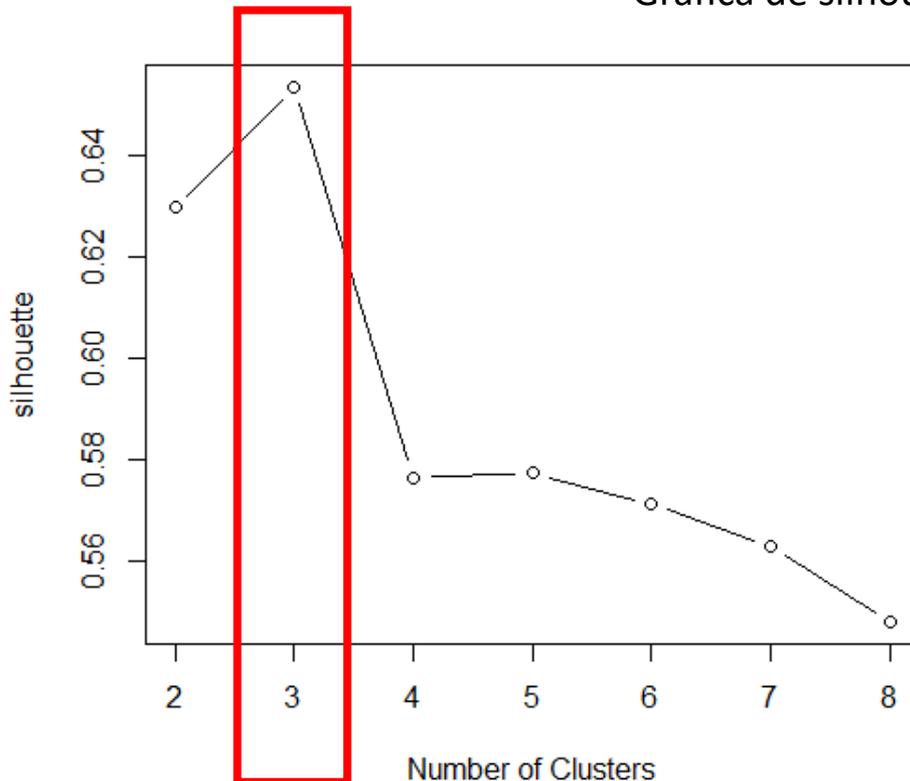
- **Tiempo de viaje reportado**
- OD georreferenciados (distancia en red)

- Edad
- Género
- Nivel educativo
- Licencia de conducción
- Rol en el trabajo

- Estrato socioeconómico
- Tamaño del hogar
- Vehículos en el hogar
  - Carro
  - Moto
  - Bicicleta

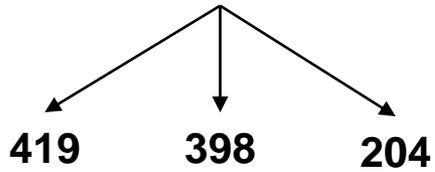
Clusters jerárquicos

Método K-prototypes clusterización  
Gráfica de silhouette width promedio

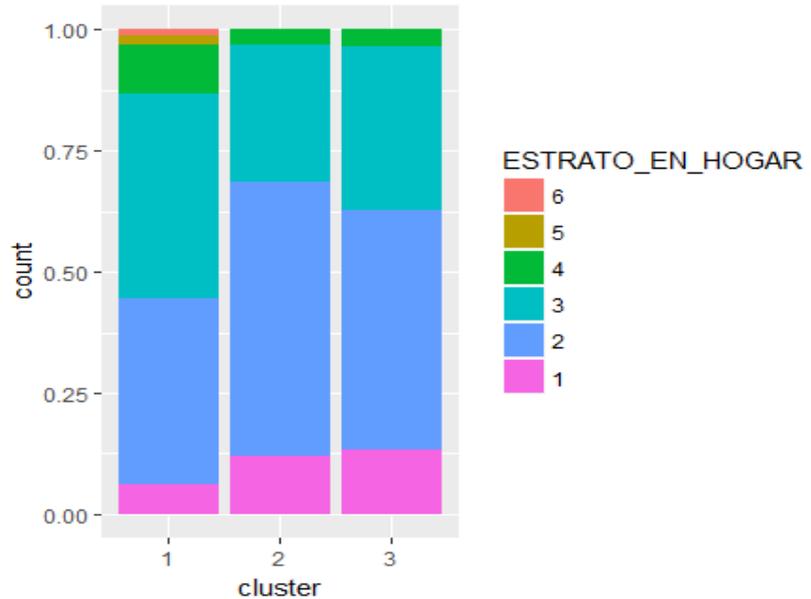
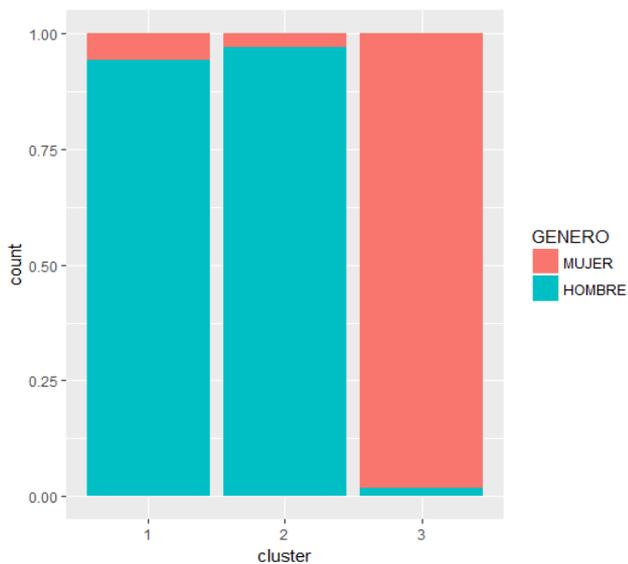
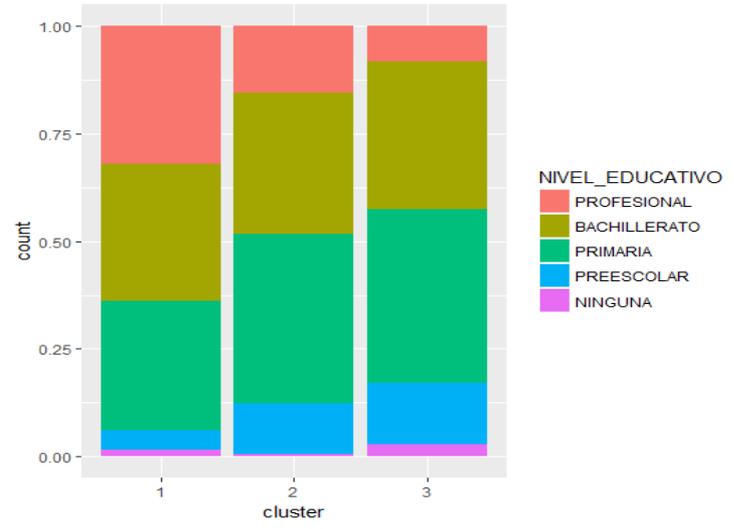
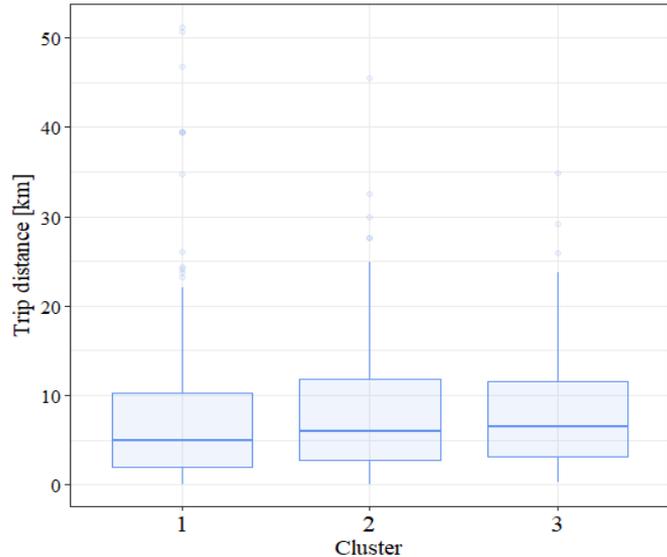


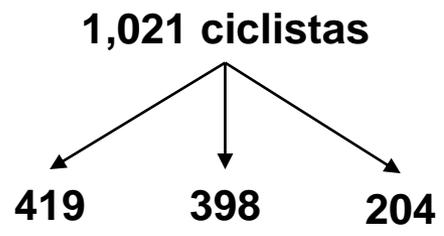
**Objetivo #1:** Identificar si existen grupos diferentes en cuanto a comportamientos de viaje y características socioeconómicas dentro de la misma población de ciclistas urbanos en Bogotá

1,021 ciclistas

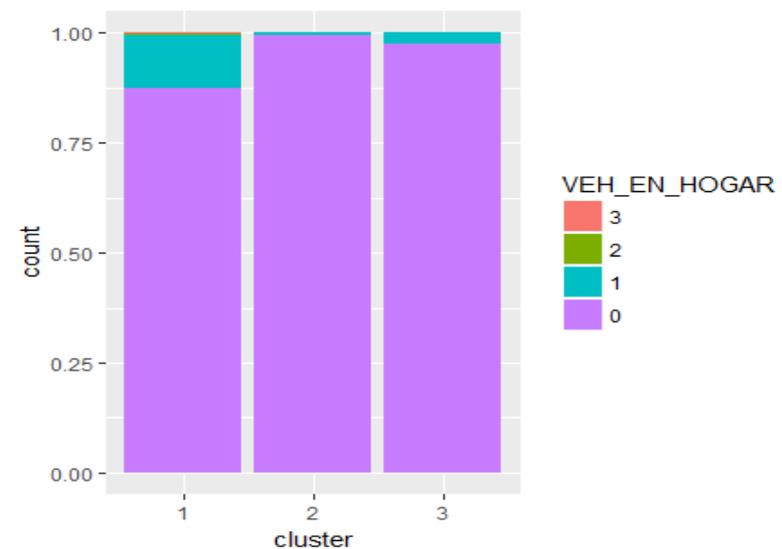
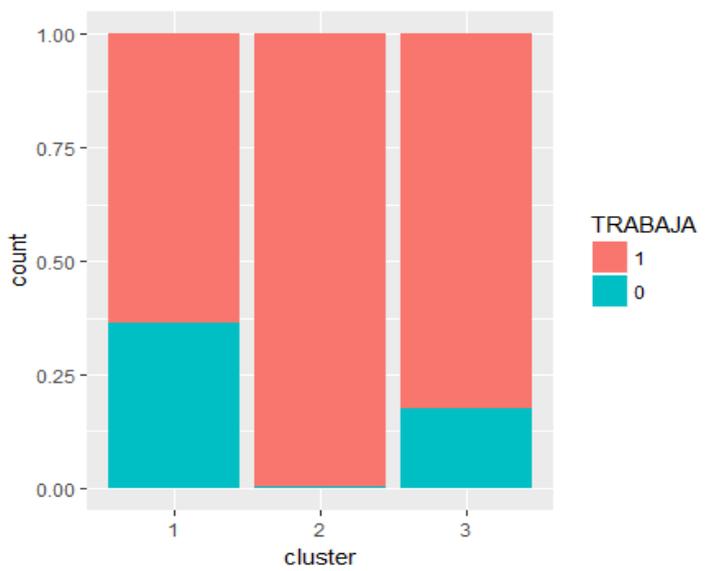
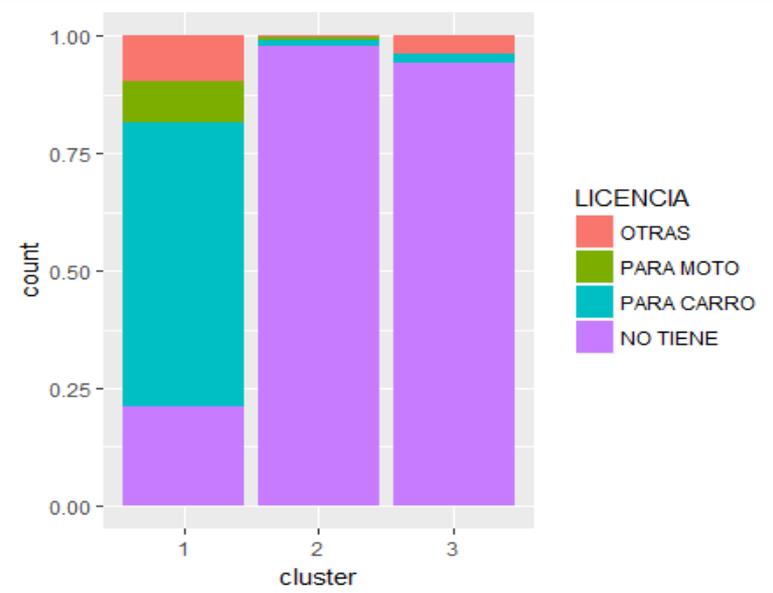
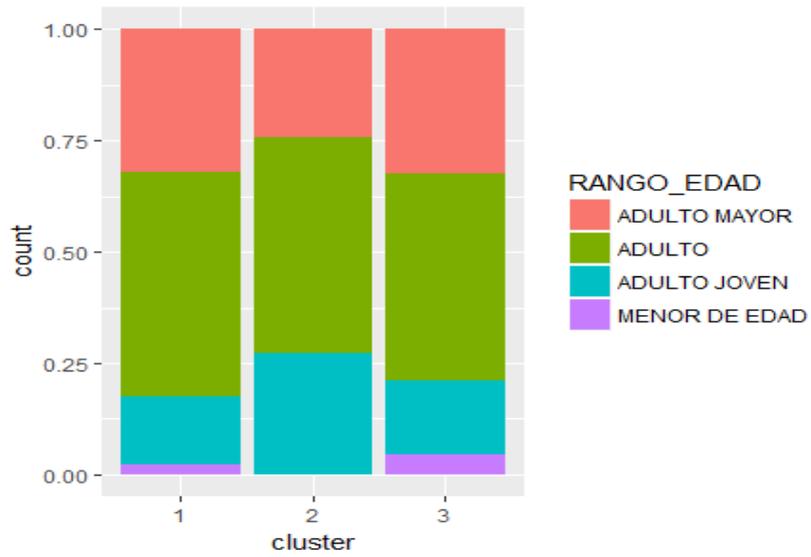


# RESULTADOS





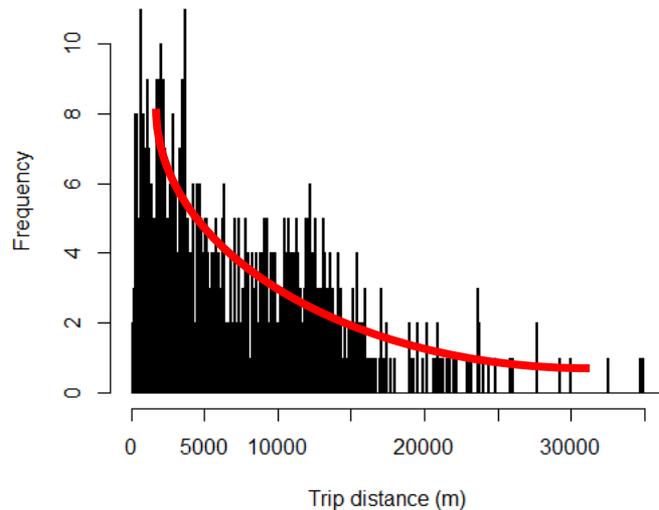
# RESULTADOS



## Estimación de betas por clúster

	Distance decay function models				
	Beta coef.	t-statistic	p-value	F-statistic	Adj R <sup>2</sup>
Cluster 1 Middle-income men	-0.281	-8.280	0.000***	68.565	0.538
Cluster 2 Low-income men	-0.343	-9.182	0.000***	84.317	0.630
Cluster 3 Women	-0.408	-6.034	0.000***	36.411	0.463

Notes: \*\*\* significant to a 99% confidence



$$A_i = \sum_{j=1}^n a_j * e^{-\beta_k X_{ij}}$$

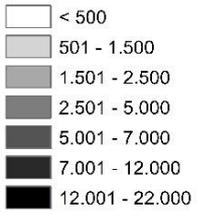
## HOMBRES INGRESO MEDIO

## HOMBRES INGRESO BAJO

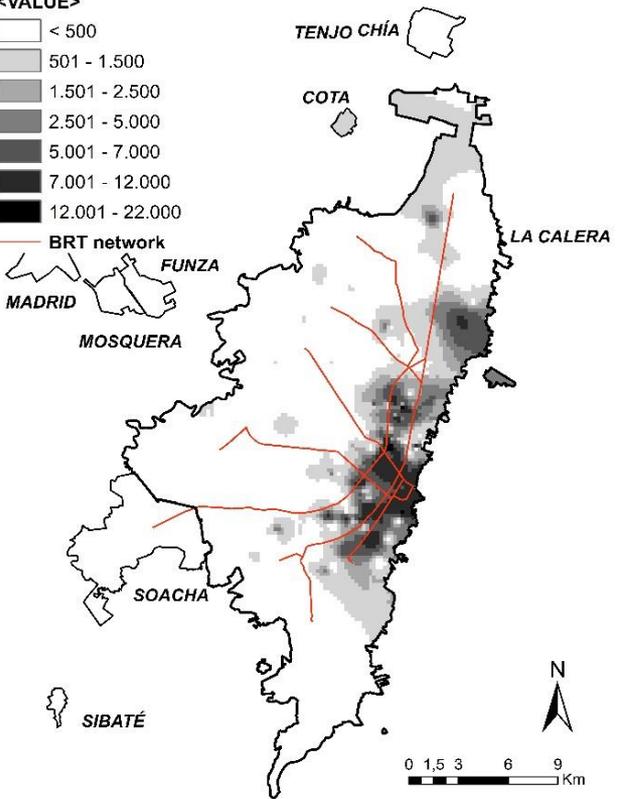
## MUJERES

Cluster 1 Middle-income men

<VALUE>

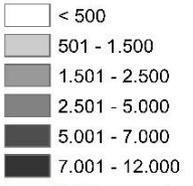


BRT network  
MADRID  
FUNZA  
MOSQUERA

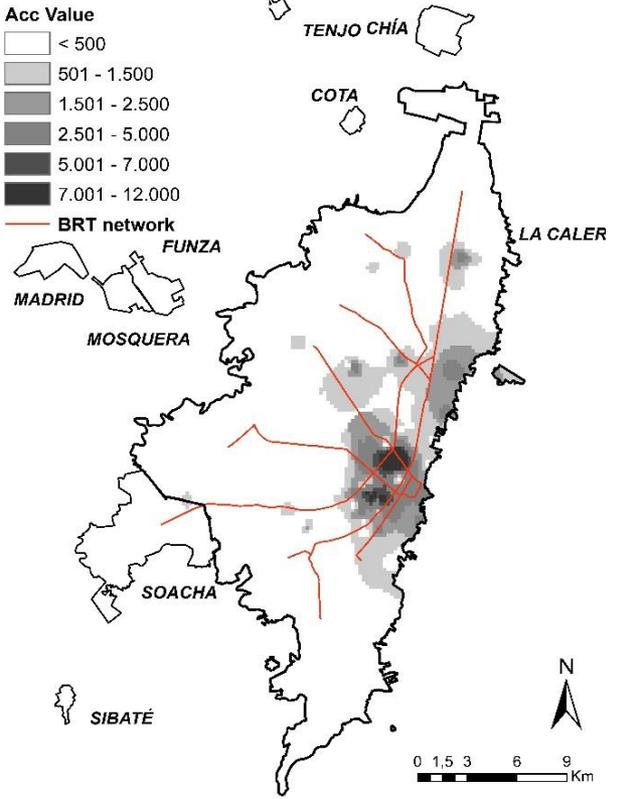


Cluster 2 Low-income men

Acc Value

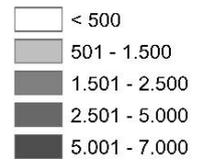


BRT network  
MADRID  
FUNZA  
MOSQUERA

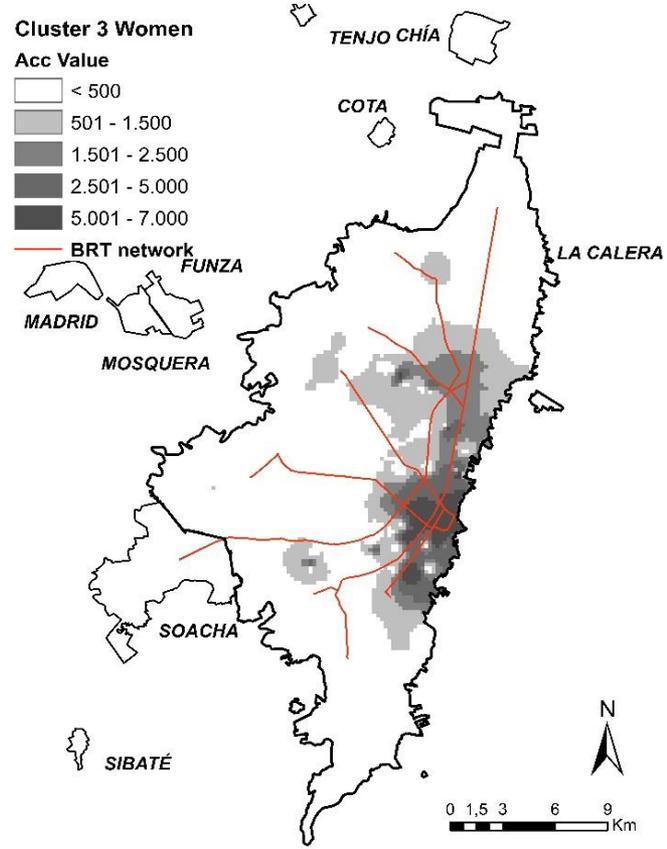


Cluster 3 Women

Acc Value



BRT network  
MADRID  
FUNZA  
MOSQUERA

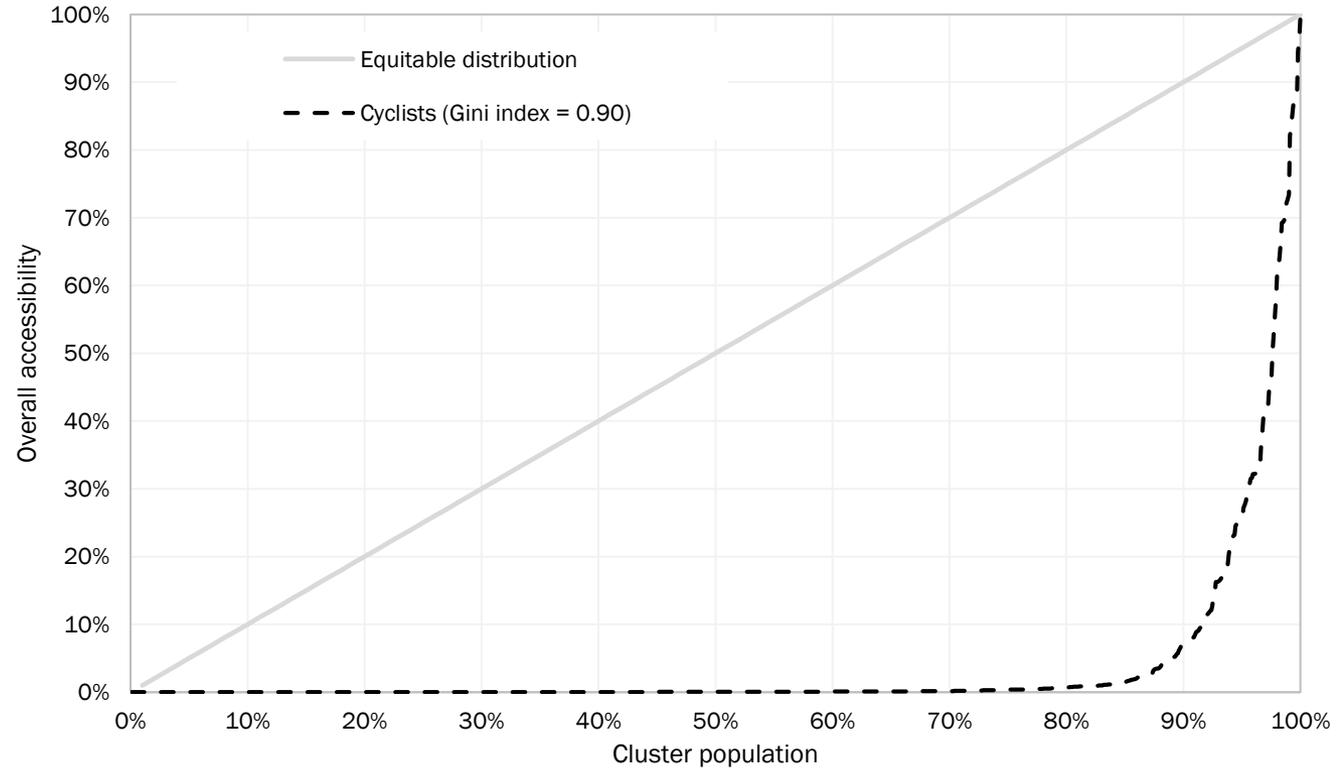


## Equidad horizontal - Curva de Lorenz

$$\sum_{i=1}^N A_i = \text{accesibilidad total de la muestra de análisis } N$$

i = individuo de la muestra

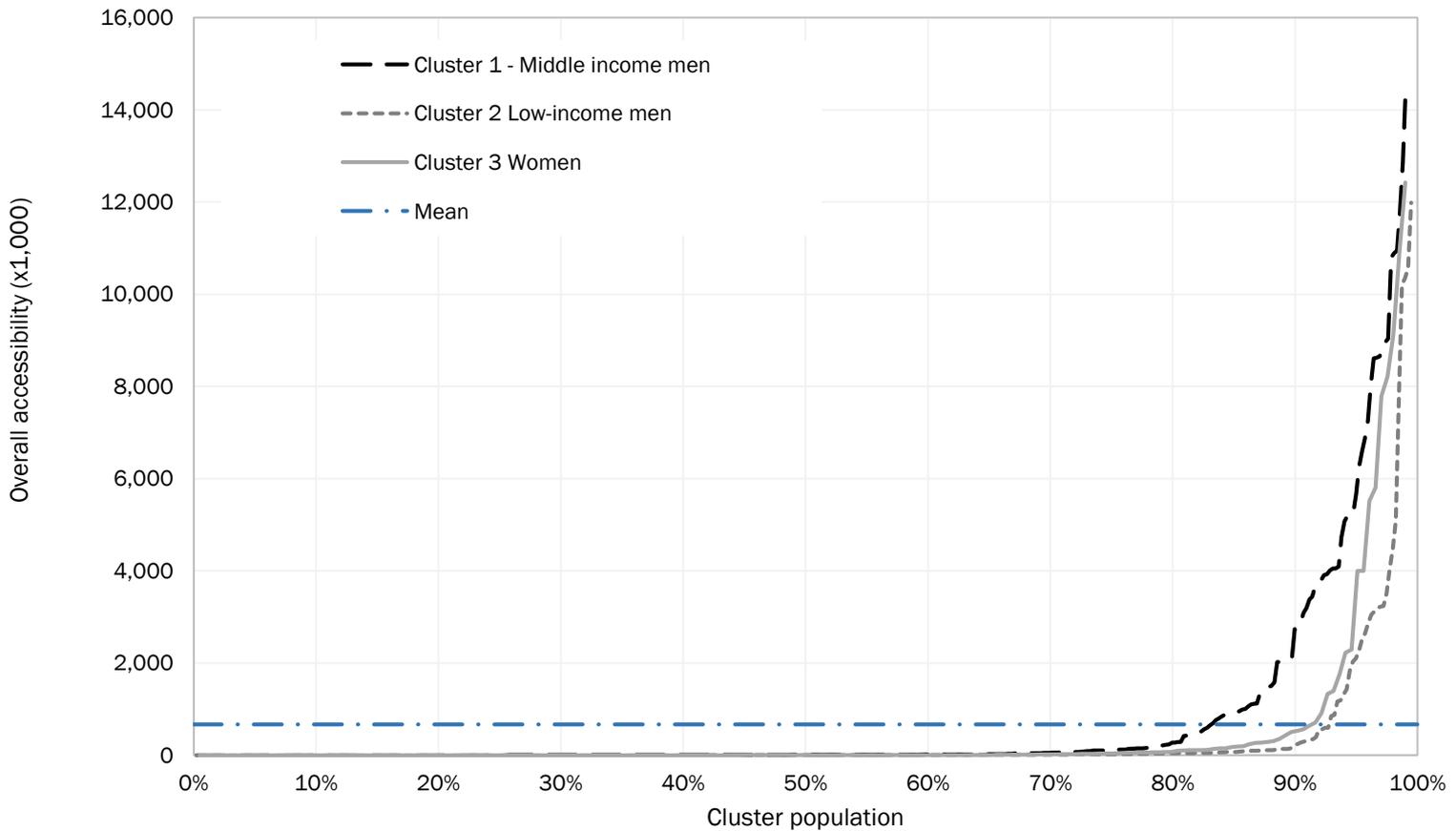
**Objetivo #2:** Evaluar la distribución de la accesibilidad a las oportunidades de trabajo y estudio de la población ciclista



## Equidad vertical dentro de clústers

$$\sum_{i=1}^n A_{ik} = \text{accesibilidad total del clúster } k$$

i = individuo de la muestra



# CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

Existe alta inequidad en el acceso a oportunidades de trabajo y estudio en el territorio dentro de la población de ciclistas, principalmente entre hombres y mujeres para el caso de Bogotá.

En un contexto global donde los modos no motorizados, particularmente la bicicleta, están cobrando importancia en las grandes ciudades, esta investigación contribuye a comprender los comportamientos de viaje de los ciclistas y sus características socioeconómicas.

Dadas las bajas tasas de motorización actuales y el creciente desarrollo económico de personas que viven en la periferia una comparación de accesibilidad con otros modos permite encontrar disminución de la brecha de desigualdad según el modo de transporte.

Efectos en accesibilidad de los ciclistas por subsidios de transporte:

- Tarifas diferenciales en sistemas de bicicletas públicas
- Descuentos en uso de sistema de transporte público en viajes intermodales (bicicleta – transporte público)

# Gracias

[dr.rosas10@uniandes.edu.co](mailto:dr.rosas10@uniandes.edu.co)

@GrupoSUR\_Uandes

