

**DIFERENCIALES DE CONECTIVIDAD Y ACCESIBILIDAD ENTRE LAS
PRINCIPALES CIUDADES, PUERTOS MARÍTIMOS Y CENTROS LOGÍSTICOS
POR MEDIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE TERRESTRE EN
COLOMBIA**

Estudiantes:

Andrés Joey Aguirre Díaz
Leidy Tatiana Erazo Vásquez



Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Programa de Ingeniería Civil
Santiago de Cali, Colombia
2024

**DIFERENCIALES DE CONECTIVIDAD Y ACCESIBILIDAD ENTRE LAS
PRINCIPALES CIUDADES, PUERTOS MARÍTIMOS Y CENTROS LOGÍSTICOS
POR MEDIO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE TERRESTRE EN
COLOMBIA**

Estudiantes
Andrés Joey Aguirre Díaz
Leidy Tatiana Erazo Vásquez

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:
Diego Rodríguez Mariaca
Ingeniero Topográfico

Codirector:
Ciro Jaramillo Molina, Ph.D
Ingeniero Civil



Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Programa de Ingeniería Civil
Santiago de Cali, Colombia
2024

Nota de aceptación

Director

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a nuestros padres, abuelos, demás familiares y amigos que fueron base para nuestro desarrollo universitario. Contar su amor, comprensión y apoyo incondicional, fueron claves para afrontar cada reto que nos llevó culminar esta etapa. Gracias por enseñarnos a que debemos buscar nuestra mejor versión y a prevalecer sin importar las circunstancias.

*“Take the moment and taste it,
you've got no reason to be afraid.”*

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a nuestro director de tesis, el ingeniero topográfico Diego Alejandro Rodríguez Mariaca y a nuestro codirector Ciro Jaramillo Molina PhD, por su dedicación, paciencia y orientación durante todo el proceso de investigación. Los conocimientos otorgados y su guía fueron esenciales para dar forma a esta investigación y poder culminar esta etapa de la mejor manera posible.

Al Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías - GITTV de la Universidad del Valle por los conocimientos y ayudas brindadas. Sin los proyectos que se han realizado anteriormente en este grupo, no hubiera sido posible dar vida a esta investigación, por lo que destacamos su importancia e impacto para la educación.

Agradecemos profundamente a nuestra familia por su amor incondicional, su apoyo constante y su comprensión en los momentos de dedicación a este proyecto. Su aliento y motivación fueron un motor fundamental en los momentos de dificultad.

A mi compañero (a) de tesis, por su colaboración invaluable y su dedicación durante todo el proceso de investigación. Su compromiso y apoyo fueron fundamentales para alcanzar los objetivos de este trabajo. Estoy sinceramente agradecido/a por su contribución y por haber compartido esta experiencia conmigo.

Por último, Agradecemos a Dios por las bendiciones recibidas, por las oportunidades brindadas y por el don del conocimiento que me permitió llevar a cabo esta investigación.

RESUMEN

Colombia al ser un país en vía de desarrollo tiene la necesidad de impulsar constantemente su crecimiento económico, en este sentido, es importante conocer el papel que juegan los nodos que se encargan de fortalecer esta área. Esta investigación se basa en identificar los niveles de conectividad y accesibilidad entre las principales ciudades, los puertos marítimos y centros logísticos del país considerando la infraestructura vial actual que tiene el país. Para lograr este objetivo se tuvo en cuenta cinco sociedades portuarias, treinta y cinco zonas francas y 27 capitales departamentales conectadas por medio de la red vial primaria del país. Teniendo en cuenta lo anterior, se evalúa la accesibilidad por medio de los indicadores de presencia ausencia, densidad, distancia promedio, factor de ruta y accesibilidad potencial, además de hacer uso de la estadística espacial para determinar la relación entre las condiciones socioeconómicas y la accesibilidad. Entre los resultados se obtiene que la mayor concentración de infraestructura y acceso a las plataformas logísticas se encuentra en la zona central del país, donde se suele tener mejores indicadores sociodemográficos, mientras que las ciudades ubicadas en la costa atlántica son las que mejores niveles de accesibilidad presentan hacia los puertos. Por otro lado, las regiones más apartadas como la Amazonía, Orinoquía y parte del pacífico suelen ser las peores evaluadas en los diferentes indicadores de accesibilidad, debido especialmente a la poca infraestructura presente en estas zonas. Palabras Claves: Accesibilidad, Conectividad, Puertos Marítimos, Plataformas Logísticas, Ciudades.

SUMMARY

As a developing country, Colombia has the need to constantly boost its economic growth, in this sense, it is important to know the role played by the nodes that are responsible for strengthening this area. This research is based on identifying the levels of connectivity and accessibility between the country's main cities, seaports, and logistics centers, considering the country's current road infrastructure. To achieve this objective, five port companies, 35 free zones and 27 departmental capitals connected by the country's primary road network were considered. In view of the above, accessibility is evaluated by means of the indicators of presence-absence, density, average distance, route factor and potential accessibility, in addition to making use of spatial statistics to determine the relationship between socio-economic conditions and accessibility. The results show that the highest concentration of infrastructure and access to logistics platforms is found in the central area of the country, where the best socio-demographic indicators tend to be found, while the cities located on the Atlantic coast are those with the best levels of accessibility to the ports. On the other hand, the most remote regions, such as the Amazon, Orinoquia and part of the Pacific, tend to be the worst evaluated in the different accessibility indicators, especially due to the deficient infrastructure present in these areas. Keywords: Accessibility, Connectivity, Sea Ports, Logistics Platforms, Cities.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
SUMMARY	6
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Hipótesis de la investigación	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Justificación	17
2. MARCO DE REFERENCIA	18
2.1 Marco conceptual.....	18
2.2. Antecedentes	19
2.3. Marco teórico	22
2.3.1 Accesibilidad y Niveles de Accesibilidad.....	22
2.3.2 Indicadores de Accesibilidad	23
2.3.3. Indicadores Socio demográficos	27
2.3.4 Análisis exploratorio de datos espaciales	28
3. METODOLOGÍA	32
3.1 Recopilación y Caracterización de Información	32
3.1.1 Definición zona de estudio.....	32
3.1.2 Recopilación de información	32
3.1.3 Caracterización de la Red Vial.....	34
3.1.4 Caracterización Sociedades Portuarias	35
3.1.5 Caracterización Centros Logísticos	37
3.1.6 Caracterización Ciudades.....	42
3.2 Selección de indicadores de accesibilidad	43
3.2.1 Presencia/Ausencia	43
3.2.2 Densidad	43
3.2.3 Distancia Promedio.....	44
3.2.4 Factor de Ruta	44

3.2.5 Accesibilidad Potencial.....	44
3.3 Estimación y análisis de indicadores de accesibilidad.....	44
3.3.1 Estimación: Indicador Presencia/Ausencia.....	45
3.3.2 Estimación: Indicador Densidad	45
3.3.3 Estimación: Indicador Distancia Promedio	45
3.3.4 Estimación: Indicador Factor de Ruta.....	45
3.3.5 Estimación: Indicador Accesibilidad Potencial	46
3.4 Análisis exploratorio de datos espaciales	46
3.4.1 Estadística Descriptiva.....	46
3.4.2 Coeficiente de Gini y curva de Lorenz	46
3.4.3 Índice de Moran	47
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	48
4.1 Caracterización Zona de Estudio	48
4.1.1 Definición de Escenario	48
4.1.2 Resultados Caracterización Red Vial.....	52
4.1.3 Resultados Caracterización Sociedades Portuarias.....	52
4.1.4 Resultados Caracterización Plataformas Logísticas	54
4.1.5 Resultados Caracterización Ciudades	55
4.2 Evaluación de los Niveles de Accesibilidad	62
4.2.1 Indicador de presencia/ausencia	62
4.2.2 Indicador de densidad	64
4.2.3 Indicador de distancia promedio	65
4.2.4 Indicador de factor de ruta.	66
4.2.5 Indicador de accesibilidad potencial	73
4.3 Análisis exploratorio de datos espaciales	80
4.3.1 Estadística descriptiva.....	80
4.3.2 Determinación coeficiente de Gini	84
4.3.3 Análisis Índice de Moran	86
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
6. BIBLIOGRAFÍA	94

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Curva de Lorenz de Distribución del Ingreso	30
Ilustración 2 Mapa ubicación geográfica de Colombia.	48
Ilustración 3 División Política de Colombia.	49
Ilustración 4 Mapa poblacional de Colombia.	50
Ilustración 5 Índice de desarrollo humano por departamento.....	51
Ilustración 6 Necesidades básicas insatisfechas por departamento.	51
Ilustración 7 Red vial y puntos de interés zona Norte.	59
Ilustración 8 Red vial y puntos de interés zona Suroccidente..	60
Ilustración 9 Red vial y puntos de interés zona sur oriental.	61
Ilustración 10 Mapa de Presencia Ausencia.	62
Ilustración 11 Mapa de Densidad.	64
Ilustración 12 Mapa de distancia promedio.	65
Ilustración 13 Mapa de factor de ruta de ciudades a puertos.	67
Ilustración 14 Mapa de factor de ruta de ciudades a plataformas.....	69
Ilustración 15 Mapa de factor de ruta de plataformas a puertos. Fuente:	70
Ilustración 16 Mapa factor de ruta general.	72
Ilustración 17 Mapa accesibilidad potencial de Ciudades a Puertos.	73
Ilustración 18 Mapa Accesibilidad Potencial de Ciudades a plataformas logísticas.	75
Ilustración 19 Mapa accesibilidad potencial de las plataformas hacia los puertos.	77
Ilustración 20 Mapa accesibilidad potencial general.	78
Ilustración 21 Mapa de desviación estándar de presencia-ausencia.	82
Ilustración 22 Mapa de desviación estándar de densidad.	82
Ilustración 23 Mapa de desviación estándar de distancia promedio.....	83
Ilustración 24 Mapa de desviación estándar de factor de ruta general.	83
Ilustración 25 Mapa de desviación estándar accesibilidad potencial general.....	84
Ilustración 26 Gráfico de coeficiente de Gini con respecto a la presencia de infraestructura.	85
Ilustración 27 Gráfico de coeficiente de Gini con respecto a la densidad de infraestructura.	86
Ilustración 28 Gráfico y permutación del índice de moran bivariante entre las necesidades básicas insatisfechas y la presencia de vías.	87
Ilustración 29 Gráfico y permutación del índice de moran bivariante entre el índice de desarrollo humano y la densidad de vías. a.....	88
Ilustración 30 Gráfico y permutación del índice de moran univariante de distancia promedio	89
Ilustración 31 Gráfico y permutación del índice de moran de factor de ruta.	89
Ilustración 32 Gráfico y permutación del índice de moran bivariante entre el índice de desarrollo y Factor de ruta general.....	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Recopilación de información base del proyecto. Fuente: Elaboración propia.	34
Tabla 2 Infraestructura vial de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Transporte.	35
Tabla 3 Plataformas logísticas de distribución urbana y consolidación de cargas. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.	38
Tabla 4 Plataformas logísticas de apoyo en frontera. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.	38
Tabla 5 Plataformas logísticas de carga aérea. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.	39
Tabla 6 Plataformas logísticas de consolidación de cargas regionales. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.	40
Tabla 7 Plataformas logísticas de actividad portuaria. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.	40
Tabla 8 Plataformas logísticas de Puerto seco. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.	41
Tabla 9 Caracterización infraestructura vial de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Transporte.	52
Tabla 10 Ficha técnica sociedades portuarias de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos de supertransporte y Mintransporte.	53
Tabla 11 Clasificación de Zonas francas según plataforma logística. Fuente: Elaboración propia con información del Dane en el año 2023.	55
Tabla 12 Ciudades de Colombia Fuente: Elaboración propia con datos de diferentes fuentes.	58
Tabla 13 Resultados de Presencia Ausencia. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 14 Resultados del Indicador de Densidad. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 15 Resultados de distancia promedio. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 16 Resultados de factor de ruta de ciudades a puertos. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 17 Resultados factor de ruta de ciudades a plataformas. Fuente: Elaboración propia...	69
Tabla 18 Resultados de factor de ruta de plataformas a puertos. Fuente: Elaboración propia.	70
Tabla 19 Resultados de Factor de ruta general. Fuente: Elaboración propia.....	72
Tabla 20 Resultados Accesibilidad Potencial de Ciudades a Puertos. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 21 Resultados Accesibilidad Potencial de Ciudades a Plataformas logísticas. Fuente: Elaboración propia.	75
Tabla 22 Resultados accesibilidad potencial de las plataformas hacia los puertos. Fuente: Elaboración propia.	77
Tabla 23 Resultados accesibilidad potencial general. Fuente: Elaboración propia.	78
Tabla 24 Medidas de tendencia central. Fuente: Elaboración propia.	80
Tabla 25 Resultados del coeficiente de Gini. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 26 Resultados del índice de Moran.....	86

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1	Accesibilidad integral.....	23
Ecuación 2	Accesibilidad global	23
Ecuación 3	Indicador de densidad.....	24
Ecuación 4	Distancia promedio.....	25
Ecuación 5	Factor de ruta relativo.....	25
Ecuación 6	Factor de ruta integral.....	25
Ecuación 7	Coefficiente de atracción	26
Ecuación 8	Coefficiente de atracción normalizado	26
Ecuación 9	Accesibilidad potencial	26
Ecuación 10	Índice de desarrollo humano	27
Ecuación 11	Media aritmética.....	29
Ecuación 12	Mediana muestral	29
Ecuación 13	Desviación típica muestral	29
Ecuación 14	Coefficiente de variación muestral	30
Ecuación 15	Coefficiente de Gini.....	30
Ecuación 16	índice de Moran.....	31

INTRODUCCIÓN

Colombia al ser un país en vía de desarrollo, tiene la necesidad de impulsar continuamente los diferentes sectores de la economía, con el fin de tener un crecimiento económico eficaz en todas sus regiones, y, como resultado, obtener un progreso significativo que contribuya al mejoramiento de las condiciones de vida de la población; por este motivo, es fundamental para el país contar con una buena infraestructura y una red vial eficiente que favorezca la conectividad entre los puntos de interés, permitiendo mayor disminución en cuanto a los tiempos de transporte de mercancías y los costos de movilidad, y así mismo, estimular la economía facilitando el intercambio de bienes y servicios locales, para así promover la competitividad del país y su fortalecimiento como eje vital de la economía nacional (Ramírez y De Aguas, 2017).

Teniendo en cuenta que el país debe estar en un estado continuo de intercambio de bienes y servicios para tener un crecimiento económico sólido, se observa una circulación constante entre diferentes zonas del territorio nacional. De acuerdo con el Ministerio de Transporte (MinTransporte), se identificó que durante el año 2019 se movilizaron un total de 305 millones de toneladas de mercancía, lo que implicó un aumento del 1,6% con respecto al 2018; siendo el transporte por carretera el de mayor participación, con el 81% de la movilización de carga del territorio nacional (Mintransporte, 2020). Por lo tanto, se debe contar con una infraestructura vial suficientemente útil y eficaz para cubrir la demanda de transporte de mercancías en el país.

El mejoramiento de la infraestructura terrestre trae consigo un aumento en la calidad de vida y desarrollo de una región, puesto que contar con obras viales como carreteras, intersecciones o puentes facilitan la conectividad y movilidad entre diferentes puntos, promoviendo el intercambio de insumos (Ramírez y De Aguas, 2017). En el caso de Colombia, existe un desequilibrio en la distribución espacial de la infraestructura, esto ha generado disparidades en el crecimiento económico entre las zonas con una mayor concentración de redes en comparación con aquellas que tienen menos (Rodríguez et al., 2018). Por esta razón, es posible que exista una conexión entre la equidad espacial y la disponibilidad de infraestructura de transporte realizando variaciones de accesibilidad y desarrollo económico que influyen en las condiciones socioeconómicas y demográficas de una determinada región. (Rodríguez et al., 2018).

La metodología implementada para el desarrollo de este trabajo consiste en la recopilación de información, caracterización de los puntos de interés (ciudades, plataformas y puertos), cálculo de indicadores y sus diferencias. Teniendo en cuenta que el objetivo de este estudio es identificar la magnitud y las diferencias de accesibilidad entre las principales ciudades, puertos marítimos y plataformas logísticas, para así determinar las posibles asociaciones que tengan con las condiciones socioeconómicas de las diferentes regiones del país.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Según el informe anual de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI), durante el año 2019, el nivel de competitividad en Colombia experimentó un crecimiento positivo en general, logrando avances en la inversión y el consumo de bienes. Sin embargo, aún persisten muchas falencias por mejorar, como la tasa de desempleo (10.5%), el bajo crecimiento del sector industrial (de apenas 1.8%), el limitado poder de exportación de materias primas nacionales (aumento de apenas 2.9% en el año 2019) y el déficit en el presupuesto público (7.64% del PIB). Esto pone de manifiesto que, a pesar del crecimiento económico, el país aún debe mejorar en varios aspectos como los mencionados, para así lograr un desarrollo significativo que permita al país ser más competitivo a nivel internacional (ANDI, 2019).

De acuerdo con el Instituto Nacional De Vías (Invías) Colombia cuenta con una red vial distribuida de la siguiente manera: vías primarias con 16.983 km (8.2%), secundarias 44.400 km (21.54%) y terciarias con 142.284 km (69.8%) para una totalidad de 206.102 km (100%) de vías construidas (Mintransporte, 2019), de las cuales solo el 33,45% se encuentran en muy buen estado, y el resto en un estado regular o crítico (Invías, 2021). En vista que la mayor parte de la población del país habita en la zona andina (aproximadamente 30 millones de personas) (Dane, 2012), y además existen unas condiciones estructurales y topográficas destacables por las tres cordilleras ubicadas en la región, la nación enfrenta muchas dificultades en cuanto al tema de conectividad con las zonas periféricas.

A pesar de los avances en infraestructura de los últimos años, muchas regiones remotas siguen enfrentando dificultades para acceder a redes de transporte fiables, limitando su conexión con las áreas urbanas y mercados, reduciendo sus oportunidades de desarrollo y acceso a servicios esenciales (Mintransporte, 2022). Según estimaciones del ministerio de transporte en 2019, alrededor de 364 municipios están ubicados a una distancia superior a dos horas por carretera de la ciudad más cercana (Mintransporte, 2019). Esta desigualdad en cuanto a las condiciones de accesibilidad y conectividad contribuye a una brecha de movilidad que afecta a poblaciones vulnerables y complica su integración social y económica (DANE, 2022).

Además de los retos de infraestructura terrestre, Colombia también necesita potencializar sus planes logísticos para el intercambio de mercancía, esto con el fin de fomentar el desarrollo regional contribuyendo al crecimiento económico y al fortalecimiento del comercio exterior, por ende, se vuelve imprescindible contar con un Sistema de Plataformas Logísticas Especializadas (SPLE) que puedan ofrecer diferentes servicios como almacenamiento y distribución de bienes hasta servicios aduaneros y de valor agregado (CONPES, 2008). Esto permite controlar la calidad, la disponibilidad de los productos tanto en Colombia como en otros países y, por ende, facilita que las mercancías lleguen a sus destinos de manera eficiente y oportuna (CONPES, 2020).

De acuerdo a la investigación realizada por (Arana y Delgado, 2014), donde se implementó el indicador de factor de ruta, existen mejores condiciones de accesibilidad hacia las plataformas logísticas de las tres principales ciudades: Bogotá (1.56), Medellín (1.48) y Cali (1.40) que las localizadas geográficamente en los extremos del país como Montería (1.63), Maicao (1.54), Barrancabermeja (1.74), Cúcuta (1.62) o Puerto Berrio (1.58). Este tipo de situaciones ha puesto en desventaja al país en cuanto a logística, el *WEF* (World Economic Forum según sus siglas en inglés) ha registrado un reporte global de competitividad donde se evalúa el desempeño logístico de diferentes países; Colombia obtiene una puntuación de 2,94 sobre 5, lo cual es más bajo que el promedio de la *OCDE* (3.64) y también menor que países vecinos como Chile (3.32), México (3.05) y Brasil (2.99) (Schwab, 2019).

Otro punto importante que mencionar en este estudio es el movimiento de carga marítima; Colombia cuenta con zonas costeras en el océano pacífico y en el océano atlántico sobre las cuales se localizan Sociedades Portuarias Regionales (SPR's), donde su principal utilidad es facilitar el intercambio de bienes (importaciones y exportaciones) con otros países (Rodríguez et al., 2018). En el año 2019, el tráfico portuario alcanzó más de 163 millones de toneladas de carga transportada, siendo los nodos de comercio exterior más representativos con un 97,3% de participación, esto refleja que existe una cantidad considerable de mercancía que llega y sale hacia los puertos y la necesidad de desarrollar buenas condiciones de accesibilidad hacia ellos. (Mintransporte, 2019).

De acuerdo con los hallazgos de García (2011), los puertos ubicados en la región Caribe, como Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, presentan niveles aceptables de accesibilidad; no obstante, este territorio no cuenta con una provisión adecuada de infraestructura de transporte para suplir sus necesidades de traslado de mercancías. Por otra parte, los puertos de la región pacífica, Buenaventura y Tumaco, tienen un nivel bajo de cobertura vial, debido a las pocas rutas que presentan hacia el interior del territorio nacional, lo que se convierte en una problemática grave para el país, considerando que por Buenaventura ingresa casi la mitad del total de carga importada a nivel nacional. De igual manera, en un estudio realizado por investigadores del Grupo de tránsito y transporte de la Universidad del valle se encontró un índice de Gini del 0.51 a nivel nacional con relación a la provisión de infraestructura, lo que refleja una desigualdad en cuanto cobertura de la red en Colombia. (Rodríguez et al., 2018).

De acuerdo (Ramírez y De Aguas, 2017) en el informe “escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia 2017”, se determinó que los departamentos que presentan mejores niveles de infraestructura son los ubicados en la zona central, Andina y alguno de la región caribe, destacando especialmente a Cundinamarca, Atlántico, Valle Del Cauca y el Eje Cafetero, mientras que los departamentos que presentan niveles bajos y críticos son los de las regiones de Orinoquía, Amazonas y Chocó. Por medio de un ejercicio exploratorio en el marco de la misión de ciudades, se determinó que existe una correlación entre el nivel de pobreza multidimensional y la provisión de infraestructura, es decir, entre mejor provisión de infraestructura exista, van a menores ser los niveles de pobreza de una región (DNP, 2014).

1.2 Hipótesis de la investigación

A partir del planteamiento del problema, y teniendo en cuenta los estudios de referencia para esta investigación: “Análisis de accesibilidad para los puertos marítimos de Colombia” de (García, 2011), “Análisis de accesibilidad para el sistema de plataformas logísticas especializadas al interior de Colombia” de (Arana y Delgado, 2014) y “Análisis del impacto sobre la conectividad vial de las carreteras 4g concesionadas en Colombia” de (Gonzales y Montealegre. 2015), se plantea la siguiente hipótesis:

Dado el avance en la infraestructura terrestre en Colombia, particularmente con la implementación de carreteras 4G, se espera que se produzca una mejora significativa en los niveles de accesibilidad en regiones específicas, especialmente en la Costa Atlántica. Además, se anticipa que habrá diferencias notables en los niveles de accesibilidad entre los puertos marítimos de la Costa Atlántica y los de la Costa Pacífica. Finalmente, los departamentos que cuenten con plataformas logísticas posiblemente presenten mejores valores en términos de desarrollo socioeconómico, accesibilidad y conectividad en comparación con aquellos que no dispongan de tales plataformas.

A partir de esta hipótesis, la investigación se enfoca en evaluar la validez de estas expectativas y en analizar como la accesibilidad desde las principales ciudades hacia los puertos y plataformas logísticas por medio de la infraestructura terrestre actual de Colombia impacta en el desarrollo socioeconómico de las diferentes regiones del país.

¿Cuál es la relación que se establece entre los diferenciales de conectividad y accesibilidad, por medio de la infraestructura de transporte terrestre, entre los puertos marítimos, centros logísticos y principales ciudades y las condiciones socioeconómicas y demográficas municipales?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Identificar los niveles de conectividad y accesibilidad entre las principales ciudades, los puertos marítimos y centros logísticos del país considerando la infraestructura de transporte terrestre.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Caracterizar la infraestructura de transporte terrestre que conecta las principales ciudades con los puertos marítimos y centros logísticos del país.
- Estimar medidas de conectividad y/o accesibilidad hacia los puertos marítimos y los centros logísticos por medio de la infraestructura de transporte terrestre.
- Estimar la magnitud de los diferenciales de conectividad y/o accesibilidad de las principales ciudades de Colombia hacia los puertos marítimos y los centros logísticos por medio de la infraestructura de transporte terrestre.
- Analizar por medio de métodos de estadística espacial las posibles asociaciones entre las condiciones socioeconómicas de las principales ciudades de Colombia y los niveles de accesibilidad hacia los puertos marítimos y los centros logísticos por medio de la infraestructura de transporte terrestre.

1.4 Justificación

Los estudios de investigación en el área de tránsito y transporte surgen con la necesidad de conocer la competitividad económica que tienen las diferentes regiones en relación con la infraestructura de transporte, a partir de esto, se busca un fortalecimiento en las políticas nacionales con respecto al transporte y a la necesidad de vías en Colombia (García, 2007). Por ende, se espera que este estudio, sirva como base para futuras investigaciones en el área de transporte, que permitan conocer más a detalle el impacto que tiene la accesibilidad con respecto al potencial de cada región del país.

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de la investigación es la evaluación de la conectividad y accesibilidad entre los puntos de interés del país, alguno de los primeros beneficiados fuera del área académica serían las sociedades portuarias y las plataformas logísticas. La información obtenida en esta investigación podría ser de utilidad al momento en que estos centros decidan realizar proyecto enfocados a los procesos logísticos de transporte de mercancía, insumos y materia prima. Como resultado, se logrará un crecimiento económico mayor para Colombia y las sociedades portuarias, quienes podrán tomar decisiones orientadas a mejorar sus niveles de accesibilidad.

Las ciudades en Colombia, tanto las principales como las intermedias, se ven en la obligación de crear estrategias que den como resultado un mayor dinamismo comercial entre ellas. (DNP, 2014). Por ende, esta investigación servirá como base para crear proyectos nacionales que hagan frente a los problemas de conectividad que existen entre municipios actualmente en el país. Esto aumentará el intercambio entre mercados e influirá positivamente en el crecimiento económico y productivo de los núcleos urbanos, especialmente de los territorios aislados.

La información y los resultados obtenidos en este proyecto también son de principal interés para las entidades nacionales que se dedican a la planificación y desarrollo de Colombia, como el Departamento Nacional de Planeación, la Agencia Nacional de Infraestructura y las Regiones Administrativas (RAPs). Esto les permitirá crear y potenciar proyectos y políticas que impulsen el crecimiento económico mediante el seguimiento de la infraestructura de transporte del país.

Con el objetivo de modernizar la infraestructura de transporte en Colombia mediante inversiones en programas de concesiones de carreteras, mejoras en ríos y ferrocarriles, y actualización de puertos y aeropuertos, es crucial considerar el concepto de accesibilidad. Este concepto se refiere a la capacidad de alcanzar diversas actividades y oportunidades dentro de un tiempo y distancia específicos (Yepes, et al., 2013). Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere identificar las diferencias en conectividad y accesibilidad entre ciudades, puertos y centros logísticos del país, teniendo en cuenta su nivel actual de infraestructura. Para esto, se utilizaron métodos de estadística espacial para entender cómo las condiciones socioeconómicas de los municipios colombianos se relacionan con el acceso a los puertos marítimos y centros logísticos a través de la infraestructura terrestre de transporte.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco conceptual

A continuación, se presentan las definiciones base para el trabajo de investigación: accesibilidad en transporte, plataforma logística, transporte terrestre, aglomeraciones urbanas, ciudad Uninodal y equidad territorial.

Accesibilidad en transporte: La accesibilidad puede referirse a la facilidad con la que las personas pueden llegar a diferentes destinos en una determinada área o red de transporte. Se puede considerar como una medida de calidad de infraestructura que facilita la comunicación entre actividades o asentamientos humanos; es pertinente porque nos permite medir lo fácil o difícil que es hacer un viaje. Por lo que ha sido una medida esencial para evaluar el desempeño de una red y la evaluación de las oportunidades de viaje en la planificación de transporte (Izquierdo, 1994).

Plataforma logística: una plataforma logística se describe como un espacio donde pueden ocurrir interrupciones en los procesos de transporte (por ejemplo, cambios de modo de transporte) o logísticos (como puntos de ruptura en las cadenas de suministro, almacenamiento, etc.). Estas plataformas son lugares donde se llevan a cabo actividades, funciones técnicas y agregan valor, pudiendo estar especializadas en un sector específico o en varios (DPN, 2008).

Transporte terrestre: Es un medio utilizado constantemente para el traslado de bienes desde un punto geográfico a otro, por medio de la infraestructura vial (carreteras nacionales) o férreo, encargándose de la distribución de piezas, materia prima, sustancias o incluso de un producto terminado; siendo uno de los medios de transporte de mercancía más comúnmente utilizado en las diversas naciones del mundo (Rodrigue et al., 2017).

Aglomeraciones Urbanas: En Colombia, se entienden como aglomeración urbana cuando una ciudad posee más de 100.000 habitantes que mantienen relaciones funcionales en aspectos como actividades económicas, oferta de vivienda, servicios sociales, ambientales, culturales o administrativos (DNP, 2014).

Ciudad Uninodal: Es aquella con un único centro urbano principal donde se concentran la mayoría de las actividades económicas, sociales y culturales. La población reside y trabaja mayormente en esta área central, generando un intenso flujo de personas y actividades en torno a este nodo. La planificación urbana se centra en fortalecer este centro y garantizar la conectividad para todos los habitantes (DNP, 2014).

Equidad territorial: garantizar que todas las áreas geográficas dentro de una región o país tengan acceso equitativo a recursos, servicios y oportunidades, sin importar su ubicación geográfica o nivel de desarrollo económico (DNP, 2014).

Diferenciales de Conectividad: Se define como las variaciones en la calidad y eficiencia de las conexiones entre distintas áreas o nodos dentro de una red, ya sea de transporte o infraestructura urbana. En otras palabras, mide cuán bien interconectadas están diferentes zonas y cómo esto afecta aspectos como la duración de los viajes, el acceso a diferentes servicios y la integración entre distintos modos de transporte (Hanson & Giuliano, 2017).

Diferenciales de Accesibilidad: Evalúa las diferencias en la facilidad con la que las personas pueden alcanzar diversos destinos o servicios desde distintas ubicaciones. Este concepto pone énfasis en la habilidad de los individuos para acceder a recursos y oportunidades. La accesibilidad se centra en la capacidad real de las personas para llegar a estos recursos específicos desde su ubicación actual (Boarnet & Crane, 2017).

2.2. Antecedentes

Los siguientes antecedentes son lecturas previas realizadas dentro del marco de la investigación de la accesibilidad:

- “*Geography of transport systems*” (Rodrigue et al., 2017)

De acuerdo con los autores, “*la accesibilidad es una medida acumulativa de los atributos de cada localización sobre una distancia predefinida, considerando el espacio como contiguo*”. esto implica “*la conectividad de una red, donde esta se representa por una matriz que expresa la conectividad de cada nodo con respecto a sus nodos adyacentes, por lo que es conocida como: grado del nodo*”,

Considerando estos conceptos, se identifican dos categorías espaciales que abordan diferentes escalas, aspectos de la conectividad, el acceso en redes de transporte y planificación urbana que son relevantes para los estudios de accesibilidad: la accesibilidad topológica y la accesibilidad contigua. De acuerdo con los autores, la accesibilidad topológica se refiere a la estructura de conexión entre diferentes puntos dentro de un área limitada, como una ciudad o un vecindario, donde se consideran elementos clave como paradas de autobús o estaciones de tren, y los caminos que conectan estos puntos. En contraste, la accesibilidad contigua se aplica a áreas más extensas, como regiones o países enteros. En este caso, la preocupación no solo radica en la conectividad entre ubicaciones específicas, sino también en la facilidad de acceso a diferentes lugares desde cualquier punto dentro del área considerada.

- “¿Existe una relación entre inversión e infraestructura de transporte y crecimiento económico?” (García ,2007)

De acuerdo con el autor, existe una correlación favorable entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico de un determinado lugar, esto se debe a la influencia que tiene la infraestructura sobre la actividad económica, lo que conlleva a aumentar la accesibilidad para cubrir con la demanda de bienes, y así generar un mayor impacto circunscrito bajo un ámbito internacional. Textualmente: “*los flujos de comercio internacional y los procesos de integración se facilitan en la medida que haya mejores desarrollos de infraestructura de transporte*” (García, 2007, p. 76).

Sin embargo, no se puede afirmar en un cien por ciento que la inversión en el transporte es igual a un desarrollo económico eficaz, hay otros factores que influyen en un bajo crecimiento económico como la estabilidad política o el nivel de educación, etc. Si bien el autor resalta que las mejoras en la infraestructura siempre tendrán un impacto positivo para una determinada población, no necesariamente tendrá los efectos esperados, y, por ende, los problemas económicos que se presenten en una región deben ser estudiados más a fondo. Citando al autor, *“las mejoras en las infraestructuras no es una condición suficiente para el desarrollo regional, aunque esta mejora puede tener efectos positivos en la región”* (García, 2007, p. 76).

- *“Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions”* (Geurs y Van Wee, 2004)

Los autores identificaron cuatro componentes clave del concepto de accesibilidad: el transporte (facilidad de desplazamiento), el uso del suelo (distribución de espacios y servicios), el tiempo (rapidez de llegada) y las características individuales (movilidad y dependencia). Propusieron cuatro métodos de medición: basados en la infraestructura, la ubicación, la persona y la utilidad. Estos enfoques permiten evaluar la calidad de la infraestructura, la proximidad a servicios, las necesidades individuales y los beneficios recibidos, tanto en áreas urbanas como rurales.

Los indicadores de accesibilidad detallan cómo las infraestructuras de transporte conectan diferentes lugares, considerando aspectos como el tráfico, los tiempos de viaje y la participación en actividades. Geurs y Van Wee revisaron estas medidas en función de su base teórica, su facilidad de uso y cómo se interpretan y comunican. Encontraron que, aunque las mediciones basadas en la infraestructura describen bien cómo funciona el transporte y son fáciles de usar e interpretar, no cumplen completamente con los criterios teóricos porque no consideran el uso del suelo ni los aspectos temporales e individuales. Por lo tanto, estas mediciones podrían dar resultados incorrectos al evaluar la accesibilidad.

- *“Análisis de accesibilidad para los puertos marítimos de Colombia. Una aproximación desde la equidad territorial”* (Rodríguez et al., 2018)

Este estudio determina la accesibilidad de los puertos marítimos colombianos hacia los diferentes departamentos del país que cuentan con alguna conexión férrea o vial, se hace la evaluación a través de diferentes indicadores para conocer los niveles de accesibilidad que tienen tanto los puertos, como los departamentos en el país con el objetivo de construir un modelo de evaluación de la accesibilidad hacia los puertos marítimos colombianos. Un aporte importante de este artículo es la evaluación que hacen por medio del factor de ruta, donde los valores obtenidos entre departamento y puertos, no reflejan los mejores niveles de accesibilidad a nivel nacional, destacando los departamentos de Arauca y Caquetá como los peores evaluados en factor de ruta.

Por otra parte, los investigadores realizan una evaluación de la red vial primaria de Colombia a través del coeficiente de Gini con los indicadores de presencia/ausencia y densidad vial, donde encontraron una distribución inequitativa a la provisión de infraestructura de transporte a nivel nacional. Esto quiere decir, que hay departamento que tienen una buena cobertura de la red vial, respecto a su población y/o superficie, que otros departamentos que carecen de vías e inversión en infraestructura.

- “Análisis de accesibilidad para el sistema de plataformas logísticas especializadas al interior de Colombia” (Arana y Delgado, 2014)

Este estudio examina cuán fácil es acceder a los elementos del Sistema de Plataformas Logísticas Especializadas dentro de Colombia, para llevar a cabo esta investigación se utilizaron los indicadores de factor de ruta, indicador de gravedad e indicador de Sohn, donde se evalúa la accesibilidad hacia cada una de las plataformas logísticas incluidas en la “Política Nacional Logística” del 2008 del CONPES 354. Esto realiza un contraste con nuestra investigación donde se busca ofrecer un panorama actual del sistema logístico del país. A diferencia de la investigación de Arana y Delgado, donde se trabaja únicamente con los nodos ya definidos en el documento CONPES de 2008.

Los investigadores llegaron a la conclusión que las plataformas mejor evaluadas en términos de transporte y accesibilidad están situadas en la región andina del país, como las áreas logísticas ubicadas en Bogotá o en Medellín. De igual manera, quienes tuvieron los puntajes más bajos en los diferentes indicadores evaluados en el estudio, correspondieron a zonas logísticas ubicadas en apoyos fronterizos, es decir, Ipiales, Maicao y Cúcuta; además se destaca la baja accesibilidad que hay hacia las plataformas de Montería y Barrancabermeja.

“las ciudades localizadas en la zona medular de Colombia son las que han estado a la vanguardia en el desarrollo industrial y ello ha impulsado el desarrollo de infraestructura alrededor de ellas.” (Arana, 2014, p. 68).

Con esto se logra determinar que ciudades tienen mejores condiciones de accesibilidad, entre las que se destacan las tres principales del país Bogotá, Medellín y Cali, y algunas otras con buen nivel de desarrollo como Barranquilla y Manizales.

- “Análisis del impacto sobre la conectividad vial de las carreteras de cuarta generación concesionadas en Colombia” (Gonzales y Montealegre, 2015)

Este estudio se centra en hacer una evaluación del impacto en cuanto a conectividad y accesibilidad de las carreteras de cuarta generación en Colombia, donde se usaron algunos indicadores como presencia/ausencia, densidad, factor de ruta, localización y potencial económico con el propósito de evaluar los niveles de accesibilidad antes y después de la implementación de los proyectos 4G, y con ello, poder observar los cambios y las mejoras que se producen en las diferentes regiones del país al implementar estas nuevas redes viales.

A partir de este estudio los autores logran determinar el impacto en la conectividad vial de las vías 4G; ciudades ubicadas en la zona norte del país como Barranquilla, Bucaramanga, Sincelejo, Cartagena y Montería, tienen un aumento porcentual significativo del más del 15% en cuanto a factor de ruta, que es el indicador relacionado con la calidad del trazado de un punto a otro. De igual manera, se ve un aumento significativo en el potencial económico de todos los departamentos incluidos en el estudio, especialmente en Medellín quien obtiene una diferencia del 47.18%.

- *An Ex Ante Analysis of the Planned Transportation Network in the Region of Extremadura (Spain) by Using Physical Parameters* (Plasencia-Lozano, 2021)

El texto describe la situación actual de las infraestructuras previstas de transporte relevantes en Extremadura, una región española. Se desarrolla un estudio comparando la situación actual y

el eventual escenario futuro, en el que se han llevado a cabo todas las infraestructuras previstas ya construidas; Se utilizó el software abierto QGIS para determinar diferentes áreas de captación y también para trazar figuras que representaban redes de transporte o datos de presencia/ausencia.

La metodología utilizada en esta investigación ha sido ampliamente empleada para evaluar proyectos planificados o construidos de redes de transporte donde se define un grupo de parámetros para posibilitar la calidad de la vía, vía férrea y aérea redes, luego se describe la situación actual y las mejoras esperadas, después se realiza un análisis comparativo y se evalúan los puntos de posible mejora. Los autores llegan a la conclusión que, en un futuro, las distintas inversiones que se realicen en el escenario evaluado podrían transformar el sistema de transporte regional, y así propiciar un cambio tanto económico como social. Donde se espera que la red de autopistas proyectadas traiga consigo una mejora a las necesidades de la región de Extremadura.

Dry ports: Redefining the concept of seaport-city integrations ((Zain et al., 2022)

La integración entre los puertos marítimos y las ciudades ha sido un factor clave que ha beneficiado a los países costeros en el comercio global. Sin embargo, las limitaciones de los puertos marítimos, como su rigidez y su incapacidad para adaptarse rápidamente a los cambios en el comercio mundial, requieren la creación de puertos secos como una especie de intermediario entre el puerto marítimo y la ciudad. Como resultado, el concepto de "ciudad-puerto" ha sido redefinido en este estudio. Los resultados de este artículo muestran que la relación entre puerto y ciudad en Malasia es necesaria para el progreso económico del país. Aunque la integración de los puertos marítimos con las ciudades presenta desafíos, también ha generado beneficios adicionales como la optimización de las cadenas de suministro, el desarrollo económico, la optimización de recursos, entre otros, productos de esta asociación.

Además, la propuesta de utilizar puertos secos para mejorar la conectividad entre los puertos marítimos y las ciudades parece ser una estrategia apropiada en un momento de incertidumbre en el comercio mundial. Por ejemplo, la inclusión de puertos secos en la red puede ayudar en la planificación portuaria y abordar las preocupaciones ambientales. Este enfoque puede ser útil para desarrollar un plan integral de crecimiento del sistema ciudad-puerto, integrando los puertos y las ciudades hacia la cuarta revolución industrial, y estabilizando el transporte de mercancías por carretera y ferrocarril en el país.

2.3. Marco teórico

2.3.1 Accesibilidad y Niveles de Accesibilidad

La accesibilidad, esencial para evaluar la calidad de la infraestructura vial, se define como “la facilidad de acceso a oportunidades distribuidas en el espacio con opciones de viaje” (Chen, S. et al., 2014). Este concepto desempeña un papel clave en la evaluación de la conectividad espacial de las redes de transporte y en el análisis de las oportunidades de viaje en la planificación de dichas redes. Se fundamenta en dos conceptos principales: la ubicación, que determina la intervención de la red vial y la generación de movimientos, y la distancia,

entendida como la separación entre dos lugares, que influye en la conectividad. (Bocarejo y Oviedo, 2012).

Según (Izquierdo, 1994), se pueden distinguir tres niveles de accesibilidad que deben ser considerados:

- **Accesibilidad Relativa (a_{ij}):**

Su función es evaluar la calidad de conexión entre dos puntos que se encuentran dentro de un mismo territorio (Izquierdo, 1994).

- **Accesibilidad Integral (A_i):**

Mide cuánto está conectado un punto central con otros puntos dentro de una misma área o región (Izquierdo, 1994). **Ecuación 1.**

$$A_i = \sum_j a_{ij} \quad (1)$$

Donde: a_{ij} es Accesibilidad relativa entre i y j
 A_i es Accesibilidad integral del nodo i

- **Accesibilidad Global (A):**

Es la suma de todas las accesibilidades integrales de los nodos estudiados (Izquierdo, 1994). **Ecuación 2.**

$$A = \sum_i A_i \quad (2)$$

Donde: A_i es Accesibilidad integral
 A es Accesibilidad Global

2.3.2 Indicadores de Accesibilidad

La diversidad de aplicaciones y análisis posibles con estos indicadores ha dado lugar a una gama de fórmulas que varían en complejidad. Algunas son bastante simples, limitándose a determinar la existencia de infraestructura, mientras que otras son más complejas, que evalúan la influencia de un elemento específico en una red u otros factores (García, 2011).

A pesar de que estas metodologías se apoyan en supuestos ideales, siempre habrá un grado de imprecisión, ya sea debido a la necesidad de interpolación de datos cuando estos no están disponibles o debido a las limitaciones inherentes a la fundamentación teórica. Por lo tanto, los elementos clave para elegir las medidas adecuadas en un estudio de accesibilidad son la cantidad de datos disponibles y el propósito del estudio (Baradaran & Ramjerdi, 2001).

Seguidamente, se describen los indicadores de accesibilidad que son considerados en el estudio:

2.3.2.1. Indicador de Presencia/Ausencia

Este indicador se enfoca en identificar la presencia o ausencia de carreteras dentro de la unidad geográfica del análisis. Para lograr esto, la zona se divide en subzonas, como municipios o departamentos. Cada subzona recibe un valor dependiendo de si cuenta con infraestructura vial o no. (Izquierdo, 1994)

2.3.2.2. Indicador de Densidad

Este indicador como su nombre lo dice se encarga de medir la densidad de infraestructura en una zona determinada por medio de la relación de kilómetros de red o cantidad de infraestructura y el área de estudio. Según su puntaje es categorizado, entre mayor sea el ponderado, mayor es la densidad. (Monzón, 1998). Se define por la **ecuación 3**.

$$D = \frac{L}{A} \quad (3)$$

D es el indicador de densidad

L son los kilómetros de red o cantidad de infraestructura

A es el área de la zona de estudio.

2.3.2.3. Distancia Promedio

Este indicador se centra en calcular la distancia promedio de un nodo específico, hacia los diferentes nodos de destino que existen en un análisis. Se define como la distancia media entre un punto de referencia, como una ubicación específica o un centro de servicio, y una serie de otros puntos de interés dentro de un área determinada. Es utilizado para cuantificar la accesibilidad general entre diferentes ubicaciones dentro de una determinada área con el fin de entender la distribución de servicios o recursos y la facilidad con la que se pueden alcanzar desde diversos puntos. (Izquierdo, 1994). **Ecuación 4**.

$$D_p = \frac{\sum_n d_{ij}}{n} \quad (4)$$

Donde:

d_{ij} = La distancia mínima por la red de conexión entre i (nodo de origen) y j (cada nodo de destino).

n = Es el total de nodos de destinos.

D_p = Distancia Promedio.

2.3.2.4. Factor de Ruta Relativo, r_{ij}

Este indicador se enfoca en evaluar la calidad de la ruta, es decir, cuánto se acerca a una línea recta entre dos puntos y analiza si las características de la carretera permiten un viaje eficiente y sin muchos contratiempos. (Izquierdo, 1994). Se define por medio de la **ecuación 5**.

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}}{d_{gij}} \quad (5)$$

Donde:

r_{ij} = factor de ruta entre los puntos i y j

d_{ij} = mínima distancia por la red de comunicaciones entre i y j

d_{gij} = distancia geográfica o en línea recta de i a j

2.3.2.5. Factor de Ruta Integral, R_i

Para calcular el factor de ruta integral, se parte del factor de ruta relativo, que evalúa la calidad de una ruta específica. Utilizando una fórmula ponderada, en la que "n" representa el número total de nodos en la red, se combinan los factores individuales asociados a cada ruta (Izquierdo, 1994). Esto permite obtener una medida global de la eficiencia de las rutas, proporcionando una evaluación comprensiva que refleja la eficacia general de las rutas en toda la red:

$$R_i = \frac{1}{n-1} \times \sum_{j=1}^{j=n} r_{ij} \quad (6)$$

r_{ij} = Factor de ruta relativo

n = Número de nodos

El valor de este indicador no puede ser menor a 1, debido a que 1 significa un trazado ideal, por otro lado, la literatura sugiere que valores promedio que excedan 1.5 en el factor de ruta sugieren niveles reducidos de accesibilidad. Esto suele asociarse a zonas montañosas o a naciones que cuentan con una limitada cantidad de infraestructuras, como en el caso de países en vías de desarrollo (Izquierdo, 1994).

2.3.2.6. Accesibilidad Potencial, Ri

La accesibilidad potencial mide el grado en que un lugar o punto específico tiene acceso a múltiples oportunidades o recursos dentro de una red, evaluando no solo la proximidad física a estos recursos, sino también la facilidad con la que se pueden alcanzar considerando la estructura de la red. Se obtiene por medio de la sumatoria de la división del coeficiente de atracción, y las distancias mínimas reales obtenidas por la red (Dony et al., 2015). **Ecuación 7.**

$$A_p = \sum_{j \in N_{im}} \frac{S_j}{d_{ij}} \forall j \in J \quad (7)$$

Donde

A_p = Es la accesibilidad potencial.

S_j = Es el coeficiente de atracción.

d_{ij} = Es la distancia mínima real de i a j.

El coeficiente de atracción sirve para evaluar diferentes elementos que se encuentran en cada uno de los nodos, y así cada nodo tenga un solo valor que incluya cada uno de los elementos. Esto se puede realizar a partir de la función de su tamaño, es decir, el área de una ciudad o de alguna bodega o puerto, y número de servicios, es decir, el tamaño económico de una ciudad, o la cantidad de mercancía que sale y entra de un puerto o plataforma logísticas (Dony et al., 2015). Se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$S_j = \left[\gamma_A \frac{S_j^A}{\max_{j \in J} S_j^A} \right] + \left[\gamma_k \frac{S_j^k}{\max_{j \in J} S_j^k} \right] \forall j \in J \quad (8)$$

S_j = Es el coeficiente de atracción.

S_j^A = Es la atracción en términos de área o tamaño.

S_j^k = Es la atracción en servicios del destino.

γ_A y γ_k = Es el porcentaje de importancia que se da de acuerdo la situación, la suma de ambos porcentajes debe ser igual a 1.

Se utiliza un coeficiente de atracción normalizado para poder trabajar con valores entre 0 y 1.

$$\bar{S} = \frac{S_j - \min_{j \in J} S_j}{\max_{j \in J} S_j - \min_{j \in J} S_j} \times 100 \forall j \in J \quad (9)$$

2.3.3. Indicadores Socio demográficos

Los indicadores sociodemográficos son medidas estadísticas que se emplean para describir y examinar diversas características de una población en términos sociales y demográficos. Estas medidas ofrecen información fundamental sobre la composición de una población y sus atributos sociales (DANE, 2005).

2.3.3.1. Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) emerge como un indicador conciso que encapsula la medida del desarrollo humano dentro de una nación. Este indicador no se limita únicamente a dimensiones económicas, sino que también incorpora elementos sociales y de salud en su evaluación (PNUD, 2010).

Para el cálculo del IDH se tiene en cuenta tres factores esenciales:

- **Salud:** Se mide a través de la esperanza de vida al nacer. Cuanto mayor sea la esperanza de vida, mayor será la puntuación en esta dimensión.
- **Educación:** Se evalúa a través de dos indicadores:

Años promedio de educación: La media de años de escolarización de la población.

Años esperados de escolarización: La cantidad de años de educación que un niño en edad escolar puede esperar recibir, asumiendo las tasas de matriculación actuales.

- **Nivel de vida:** Se mide a través del PIB per cápita ajustado por paridad de poder adquisitivo (PPA), que tiene en cuenta los costos de vida y la inflación entre los países.

Para calcular el IDH es necesario normalizar cada indicador en una escala de 0 a 1 y aplicar la ecuación 10.

$$IDH = \sqrt[3]{\text{índice de salud} \times \text{índice de educación} \times \text{índice de nivel de vida}} \quad (10)$$

Finalmente se obtiene un índice que varía entre 0 a 1, donde 0 significa menor desarrollo humano y 1 significa el desarrollo humano máximo.

2.3.3.2. Necesidades básicas insatisfechas (NBI)

La metodología del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) se centra en determinar si se satisfacen las necesidades esenciales de la población mediante indicadores simples. Los grupos que no alcanzan un nivel mínimo establecido se identifican como pobres. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005), los indicadores empleados para esta evaluación son los siguientes:

- **Viviendas inadecuadas:** Se evalúa las características físicas de las viviendas que no cumplen con los estándares mínimos para la habitabilidad humana.
- **Viviendas con hacinamiento crítico:** El propósito de este indicador es identificar niveles críticos de ocupación de los recursos de la vivienda por parte de sus residentes. Las viviendas en que la densidad de ocupación supera las tres personas por habitación, excluyendo la cocina, el baño y el garaje; son consideradas en esta categoría.
- **Viviendas con servicios inadecuados:** Evalúa la falta de acceso a condiciones básicas y de higiene. Se diferencia entre las zonas urbanas principales y las demás. En las zonas urbanas principales, se consideran las viviendas que no tienen baños o que, aunque no tienen acceso a agua potable, obtienen agua de lugares como ríos, manantiales, camiones cisterna o lluvia. En las áreas rurales, debido a las condiciones específicas, se incluyen las viviendas que no tienen baños ni acceso a agua potable, y que obtienen agua de ríos, manantiales o lluvia.
- **Viviendas con alta dependencia económica:** Se evalúa de manera indirecta los niveles de ingreso. Se incluyen en esta categoría las viviendas en las que hay más de tres personas por cada miembro que trabaja y cuyo jefe de hogar tenga, como máximo, dos años de educación primaria completados.
- **Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela:** El indicador en cuestión examina el grado de cumplimiento de los requisitos educativos mínimos para la población infantil. Este análisis se concentra en las viviendas que albergan al menos un niño cuya edad oscila entre los 6 y 12 años, y que además sea un familiar directo del jefe de hogar. Se considera relevante para este indicador que el niño en cuestión no esté matriculado en una institución educativa formal.

2.3.4 Análisis exploratorio de datos espaciales

Son indicadores estadísticos utilizados para analizar e investigar conjuntos de datos y a través de ellos poder resumir sus características principales, encontrar tendencias, estructuras repetitivas o discrepancias evidentes que pueden no ser evidentes al examinar los datos de manera individual. Al proporcionar una perspectiva estadística, ayudan a descubrir patrones y

anomalías que podrían pasar desapercibidos en un análisis más superficial. Según (Martínez, 2009), las medidas de tendencia central más comúnmente empleadas son:

2.3.4.1 Medidas estadísticas:

Las medidas estadísticas son herramientas fundamentales en el análisis de datos, no solo simplifican la comprensión de conjuntos de datos complejos, sino que también permiten comparaciones significativas (Martínez, 2009). Se dividen en dos tipos, medidas de centralización, que son aquellas que su resultado equivale a un valor neutral en relación con el cual se sitúa el conjunto de datos (Media y Mediana), así como las medidas de dispersión que determinan los agrupado o dispersos que pueden estar los datos de un conjunto de estudio (Desviación estándar y Coeficiente de variación) (Martínez, 2009).

Media: Es el valor promedio de toda la muestra de estudiada (Martínez, 2009).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (11)$$

Mediana muestral: Es el valor que deja igual número de valores tanto a su izquierda como a su derecha, ordenan los datos de la muestra de menor a mayor. Cuando la cantidad total de datos es impar, se selecciona el valor que se encuentra justo en el medio del conjunto; si la cantidad total es par, se calcula la media entre los dos valores centrales. (Martínez, 2009)

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{x_{(n+1)}}{2} & \text{Si } n \text{ es impar} \\ \frac{x_{n/2} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2} & \text{Si } n \text{ es par} \end{array} \right\} \quad (12)$$

Desviación típica muestral: Es el cálculo de la raíz cuadrada de la varianza muestral, se encargar de dar información acerca de la dispersión media de una variable. (Martínez, 2009)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (13)$$

Coeficiente de variación muestral: Corresponde al valor absoluto de la media muestral, se encarga de dar a conocer la dispersión relativa de un conjunto de datos. (Martínez, 2009)

$$C = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}{\bar{Y}} \quad (14)$$

Donde C es el coeficiente de variación, Y y $\bar{Y}$ son la medida de bienestar y el promedio aritmético de la misma, y n el número de observaciones.

2.3.5 Coeficiente de Gini y curva de Lorenz

El coeficiente de Gini, una medida matemática básica, se utiliza para ofrecer una visión general de los niveles de igualdad o desigualdad en una sociedad. Se representa gráficamente mediante la curva de Lorenz. Los valores del coeficiente oscilan entre 0 y 1, donde 0 indica una igualdad perfecta y 1 indica una desigualdad total (Medina, 2001). Para calcular este índice, se utiliza la siguiente fórmula:

$$G_1 = 1 - \sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1})(Y_i + Y_{i-1}) \quad (15)$$

Dónde:

X_i = proporción acumulada de la variable de población.

Y_i = proporción acumulada de la variable de servicio.

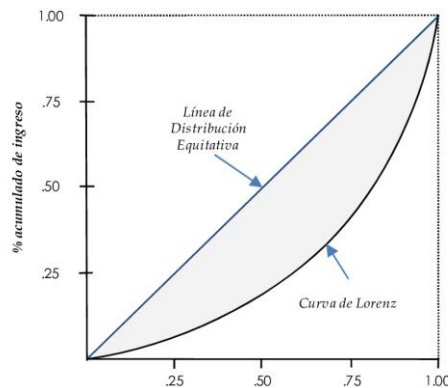


Ilustración 1 Curva de Lorenz de Distribución del Ingreso. Fuente: Adelaido García-Andrés

En cuanto a la representación gráfica, la línea de distribución equitativa representa un panorama perfecto, mientras que el espacio que hay entre la línea de distribución equitativa con respecto a la curva de Lorenz, representa la desigualdad.

2.3.6 Índice de Moran

Es una herramienta de autocorrelación espacial, evalúa la correlación espacial tomando en cuenta tanto las ubicaciones como los valores de las entidades de manera simultánea, para esto considera un grupo de elementos junto con un atributo específico asignado a cada uno, determina si el patrón exhibido por estos elementos muestra una tendencia hacia la agrupación, la dispersión o si es completamente aleatorio. Sus valores oscilan entre +1 y -1, lo que indica una autocorrelación positiva perfecta o una autocorrelación negativa perfecta, respectivamente. Un valor de 0 sugiere patrones completamente aleatorios en la distribución espacial de la variable (Gallego & Gallego, 2019).

$$M_I = \frac{n}{\sum_i \sum_j W_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2} \quad (16)$$

Donde M_I es el valor del índice de Moran global para el conjunto completo de datos (n), X es la variable en estudio y $\bar{X}$ es su media; W_{ij} representa cada uno de los elementos de la matriz de pesos espaciales, utilizada como una medida ponderada de las variables examinadas (Gallego & Gallego, 2019).

La importancia de este índice es que permite analizar las fluctuaciones en la auto correlación espacial entre los valores adyacentes. Si los valores generalmente se agrupan, esto indica una auto correlación espacial positiva, si se dispersan, se transforma en una auto correlación negativa, y en caso de los valores estén distribuidos de manera aleatoria, se concluye que no existe auto correlación espacial entre los valores del estudio (Hidalgo, 2018).

3. METODOLOGÍA

3.1 Recopilación y Caracterización de Información

3.1.1 Definición zona de estudio

Para llevar a cabo esta investigación, es fundamental definir claramente la zona de estudio. En este caso, se debe conocer a fondo la ubicación geográfica de Colombia, que es la nación objeto de análisis. Para ello, es esencial contar con fuentes confiables que permitan recopilar y verificar los datos necesarios sobre la ubicación geográfica del país. Por otra parte, es importante conocer la división política con el fin de consolidar una base que permita contextualizar y analizar los resultados de la investigación, que conlleve a que los resultados sean pertinentes para las diferentes áreas del país.

Es fundamental conocer la demografía de la zona de estudio, debido a que los datos poblacionales permiten profundizar en la distribución y características de la población. De igual manera, comprender el contexto sociodemográfico, incluyendo indicadores como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y las necesidades básicas insatisfechas, es esencial para contextualizar la investigación y evaluar la influencia de los niveles de accesibilidad en estos indicadores.

3.1.2 Recopilación de información

Este proyecto se centra en cuatro aspectos clave para su desarrollo: puertos marítimos, plataformas logísticas, infraestructura terrestre y la red vial. Los primeros tres son los actores principales y nodos de esta investigación, mientras que la red vial sirve como el vínculo que conecta estos tres elementos. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó una recopilación exhaustiva de datos sobre cada uno de los elementos mencionados. Esto incluyó la medición de las distancias aproximadas entre nodos, los kilómetros de red tanto primaria como secundaria y terciaria por departamento, así como la capacidad de almacenamiento e infraestructura de las plataformas logísticas y los puertos marítimos, incluyendo el movimiento de mercancías en estos. Además, se recolectaron datos sociodemográficos de las ciudades y departamentos y además conocer su desempeño en términos de competitividad, considerando aspectos como infraestructura, capital humano y calidad de vida.

La obtención de distancias se realizó durante el segundo semestre del 2023, en los meses de Agosto y Octubre por medio de la App de Google Maps, donde fue posible conocer el estado actual de la red vial en Colombia y determinar las capitales departamentales que se encuentran conectadas a los puertos marítimos y plataformas logísticas, y sus distancias reales más aproximadas, de igual manera se hizo apoyo de la herramienta de Openrouteservice, que por medio de la función “modo directo” para calcular las distancia euclidianas, y precisar algunas distancias reales, teniendo en cuenta diferentes bloqueos y cerramiento de vías temporales que

ocurrían en mientras se recopilaban los datos. Es importante especificar que la captura de las distancias se realizó de manera manual una por una.

Por otro lado, gracias a informes del Ministerio de transporte: Informe de Rendición de Cuentas Sector Transporte 2018-2019 y Transporte en cifras del 2020, se pudo determinar la cantidad de kilómetros viales presentes en cada departamento, tanto en la Red Primaria, como en la Red Secundaria. Para la red terciaria se recurrió a un estudio realizado por Leónidas Narváez en el año 2017 en la Universidad de los Andes. Con esta información fue posible caracterizar la red nacional terrestre a nivel departamental.

En cuanto a Puertos, fue nuevamente necesario el uso de la App de Google, para determinar la ubicación aproximada de cada una de las cinco sociedades portuarias presentes en esta investigación. Para conocer la movilización de mercancías, se recurrió a los datos brindados por la Superintendencia de Transporte en su informe del año 2022, donde fue posible conocer el total en toneladas de exportaciones, importaciones y comercio interior de cada puerto. Esta misma entidad contiene las “fichas técnicas” de cada sociedad portuaria, que están actualizadas hasta el año 2022, y gracias a esto fue posible conseguir datos relacionados a la capacidad de almacenamiento, e infraestructura.

Para la recopilación de información de plataformas logísticas, se recurrió en primera instancia al “Plan Nacional de Logística” realizado por el Departamento Nacional de Planeación (DPN) en el año 2008. Sin embargo, para conocer que el avance que había tenido el país en este tema se recurrió a los datos suministrados por el DANE, acerca de las Zonas Francas que funcionan actualmente en el país, donde se obtuvieron datos de movimiento de mercancías (en dólares) durante el año 2022. Por medio de Google Earth fue posible ubicar las zonas francas, para así poder clasificarlas en el nodo logístico más cercano a su ubicación. Por otra parte, los datos de infraestructura y almacenamiento se obtuvieron del directorio de zonas francas de ProColombia.

Gracias a la Sociedad Geográfica de Colombia, fue posible conocer la extensión de cada uno de los departamentos del país. Los datos de población, necesidades básicas satisfechas y unidades económicas de cada Ciudad presente en este estudio se recopilaron a través de las diferentes investigaciones del Dane: censo nacional de población y vivienda del 2018, Necesidades básicas insatisfechas (NBI) de 2023 y conteo de Unidades Económicas 2021; el índice de desarrollo humano fue obtenido de los datos de *Global Data Lab*. Finalmente, los valores del índice de competitividad de ciudades fueron cedidos por el consejo privado de competitividad en su estudio del año 2022.

Se presenta la tabla 1 que organiza los datos por entidad emisora, formato y año, proporcionando una visión clara de las fuentes consultada:

DATO	Entidad Emisora	FORMATO	AÑO
Distancias reales	Google Maps	Web	2023
Distancias euclidianas	Open Route Service	Web	2023
Localización zonas francas	Google Earth		
Super intendencia de transporte: Informe mensual	SuperTransporte	Pdf	2022
Ficha Técnica SP Regional de Santa Marta S.A.	SuperTransporte	Pdf	2022
Ficha Técnica SP Regional de Barranquilla S.A.	SuperTransporte	Pdf	2022
Ficha Técnica Sociedad Portuaria Regional De Cartagena S.A.	SuperTransporte	Pdf	2022
Ficha Técnica Sociedad Portuaria Regional De Buenaventura S.A.	SuperTransporte	Pdf	2022
Ficha Técnica SP Regional De Tumaco Pacific Port S.A.	SuperTransporte	Pdf	2022
Estadística Movimientos Zonas Francas	DANE	Xls	2022
Directorio zonas francas	Procolombia	Pdf	2022
Censo nacional de población y vivienda	DANE	Xls	2018
Índice de desarrollo por departamento	Global Data Lab	Web	2021
Estadística Necesidades básicas	DANE	Xls	2022
Insatisfechas			
Conteo de Unidades Económicas	DANE	Xls	2021
Resultados Índice de Competitividad de Ciudades 2022	Compite	Xls	2022

Tabla 1 Recopilación de información base del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, es importante resaltar los tres estudios base que ofrecieron el punto de partida para desarrollar esta investigación y por ende, sirvieron como punto de partida para conocer la información que se necesitaba recopilar:

- Análisis de accesibilidad para el sistema de plataformas logísticas especializadas al interior de Colombia del año 2014 por Arana, J. y Delgado, C.
- Análisis del impacto sobre la conectividad vial de las carreteras de cuarta generación concesionadas en Colombia del año 2015 por González, M. y Montealegre, A.
- La accesibilidad terrestre a los puertos marítimos de Colombia, una aproximación desde la equidad territorial del año 2018 por Rodríguez, D. García, C y Jaramillo, C.

3.1.3 Caracterización de la Red Vial

Para este estudio es importante realizar la caracterización de la red vial de Colombia, para así poder conocer los niveles de accesibilidad entre las plataformas, puertos y ciudades teniendo en cuenta que se conectan de manera terrestre por medio del sistema de carreteras. El sistema nacional de carreteras se compone de tres niveles: la red primaria, que es administrada por el gobierno nacional; la red secundaria, que corresponde a la responsabilidad de los

departamentos; y la red terciaria, la cual mayoritariamente es gestionada por los municipios, aunque también puede ser responsabilidad del gobierno nacional y de los departamentos en menor medida (MinTransporte, 2020).

En Colombia, la red vial se extiende por un total de 205,379 kilómetros. Dentro de esta extensión, el 6.9%, es decir, unos 16,983 kilómetros, está asignado a la red primaria. Por otro lado, el 21% de la red, lo que representa aproximadamente 44,400 kilómetros, se destina a la red secundaria. Por último, la mayor parte de la red, aproximadamente el 69.46%, equivalente a unos 142,284 kilómetros, está constituida por la red terciaria Ver Tabla 2 (MinTransporte,2020).

Infraestructura Vial de Colombia		
kilómetros totales de Carretera	205,379	100%
Red primaria (Kms)	17,958	8.74%
Red Secundaria (Kms)	45,137	21.98%
Red Terciaria (Kms)	142,284	69.28%

Tabla 2 Infraestructura vial de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Transporte.

Actualmente, el Ministerio de Transporte está llevando a cabo el registro de los segmentos de carretera que integran la red vial de Colombia. Está obteniendo información de varias entidades responsables de la gestión vial, como la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), así como las gobernaciones y alcaldías municipales.

3.1.4 Caracterización Sociedades Portuarias

Los puertos de Colombia desempeñan un papel fundamental en las relaciones comerciales del país y constituyen un componente crucial en la cadena logística tanto de las importaciones como de las exportaciones colombianas. En los últimos años, este sector ha experimentado transformaciones significativas, atribuibles no solo a la presencia de nuevas instalaciones portuarias, sino también a cambios en el modelo de franquicia, con el objetivo de modernizar los puertos (SuperTransporte, 2022).

Aunque Colombia cuenta con un total de 10 zonas portuarias, para esta investigación se eligieron las cinco zonas donde se encuentran las sociedades portuarias regionales más importantes del país. En el océano caribe se tuvieron en cuenta los puertos de Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, son vitales para la economía nacional debido a su ubicación estratégica y su función en el comercio internacional y actúan como puertas de entrada y salida para una amplia gama de productos, conectando a Colombia con mercados clave en todo el mundo como USA y Europa. Por otra parte, en el océano pacífico se tuvieron en cuenta los puertos de Tumaco y Buenaventura, este último siendo un eje fundamental para el desarrollo del suroccidente colombiano, especialmente para la dinamización económica del Valle del Cauca, que lo llevo a ser uno de los departamentos más competitivos del país.

3.1.4.1 Sociedad portuaria de Cartagena

Ubicado en el puerto de Cartagena, este puerto es ampliamente reconocido como uno de los más importantes y estratégicos de Colombia. Se encarga de gestionar una amplia variedad de cargas, tales como contenedores, carga a granel y carga general. Su posición estratégica cerca del canal de Panamá y la bahía de Cartagena proporciona importantes ventajas para las operaciones marítimas. Además de ser un punto crucial de llegada para los turistas, juega un papel fundamental en el comercio, manejando aproximadamente el 75% de las importaciones regionales y el 55% de las exportaciones. Esto refleja su impacto económico, teniendo en cuenta que moviliza más de 34 millones de toneladas de carga portuaria aproximada cada año (SuperTransporte, 2022).

3.1.4.2 Sociedad portuaria de Barranquilla

Funciona en el puerto de Barranquilla, este terminal se especializa en la manipulación de diversos tipos de carga, como contenedores, carga a granel y carga general. Está ubicado al norte del Puerto de Cartagena, en las cercanías de la capital del Atlántico, Barranquilla, una ciudad reconocida por su alto grado de industrialización. Con una capacidad de almacenamiento que supera los 350,000 barriles de petróleo y sus derivados de las refinerías, este puerto marítimo colombiano se destaca como el más avanzado del país. Se estima que en los próximos años se convertirá en el puerto con la mayor capacidad de almacenamiento para barriles de crudo, aceites vegetales y otros líquidos (SuperTransporte, 2022).

3.1.4.3 Sociedad portuaria de Santa Marta

Situado en el puerto de Santa Marta, este terminal se especializa en la gestión de carga a granel, principalmente carbón y otros minerales. Está ubicado en la parte noroeste de la ciudad, con límites al norte con los cerros de San Martín. Ha experimentado un aumento constante en el volumen de carga que maneja, destacándose en el manejo de combustibles, granos y productos como el aceite de palma. Además, cuenta con una capacidad considerable para el transporte y almacenamiento de contenedores. Consta de siete muelles y también proporciona servicios exclusivos para la recepción de mercancías transportadas por ferrocarril (SuperTransporte 2022).

3.1.4.4 Sociedad portuaria de Buenaventura

Situada en el puerto de Buenaventura, esta terminal portuaria es una de las más grandes en Colombia y se especializa en la manipulación de carga contenerizada, carga general y graneles. Está ubicada en la costa del Pacífico, en la región suroccidental de Colombia, al norte de Tumaco.

Este centro marítimo colombiano tiene un impacto significativo en el desarrollo económico del país, contribuyendo aproximadamente con el 25% de los ingresos totales de las aduanas nacionales. Su importancia se debe en gran parte a la diversidad de graneles que maneja.

Además, su ubicación estratégica lo convierte en uno de los principales puertos para el comercio internacional, especialmente con la Unión Europea y los Estados Unidos (SuperTransporte, 2022).

3.1.4.5 Sociedad portuaria de Tumaco.

Se encuentra en Tumaco, un municipio en la región suroccidental de Colombia, próximo a la frontera con Ecuador. Dispone de conexiones regulares con las principales urbes del país, como Bogotá, Medellín y Cali. Sus instalaciones han sido específicamente diseñadas para manejar grandes volúmenes de carga a granel, tanto líquida como seca. Juega un papel crucial en la exportación de petróleo a nivel global, lo cual constituye una parte significativa de su actividad. Además, sobresale en la exportación de crudo y la comercialización de productos tradicionales como los bananos (SuperTransporte, 2022).

3.1.5 Caracterización Centros Logísticos

De acuerdo con el departamento nacional de planeación en el documento CONPES 3547, el sistema logístico nacional depende de la coordinación de los participantes en la obtención, traslado, resguardo y supervisión de bienes, junto con el flujo de datos correspondiente. El propósito de este sistema es aumentar tanto la rentabilidad actual como la futura mediante la gestión efectiva de los costos y la optimización de la provisión y la facilidad de servicios de logística y transporte. (DNP, 2008). En este ámbito, la industria logística desempeña un papel central como protagonista. Por este motivo, se requiere servicios de planificación y transporte para distribuir productos, de esta manera garantizar servicios que se adapten a su capacidad productiva y que, a precios justos, faciliten la entrada de sus productos en los mercados específicos que desean alcanzar.

Los proveedores de servicios, como transporte, almacenamiento e inventario, tienen la responsabilidad de ofrecer servicios de alta calidad de forma rentable, a través de la innovación y la adopción de las mejores prácticas. Además, el Estado tiene un papel fundamental en la regulación para mejorar las relaciones entre los diferentes actores en la logística y el transporte, así como en la promoción de mecanismos efectivos para el control de mercancías que impulsen el comercio exterior en Colombia. (DNP, 2008). Teniendo en cuenta lo anterior, una plataforma logística se puede entender como un espacio designado donde varios actores realizan todas las actividades vinculadas al transporte, la logística y la distribución de mercancías, tanto a nivel nacional como internacional.

3.1.5.1 Nodo de abastecimiento/mayorista

Su alcance típicamente se limita a áreas metropolitanas o municipales, asumiendo principalmente una función esencial de apoyo a la logística de productos en áreas urbanas. Esto ayuda a disminuir la congestión de camiones en el núcleo urbano y en las instalaciones de transporte, permitiendo una reorganización del movimiento de mercancías dentro de la ciudad.

Actualmente en Colombia hay 4 plataformas que cumplen con los requisitos mencionados anteriormente: Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga.

Área logística de distribución urbana y consolidación de cargas	
Bogotá	La actual capacidad de mercado en la capital del país es adecuada para contemplar la implementación de una plataforma logística diseñada para agilizar la entrega de artículos de uso común.
Medellín	En Medellín, también se dan las condiciones propicias para crear un hub logístico para la entrega de artículos de uso común, que involucre la combinación y separación de cargamentos, especialmente aquellas en contenedores, una necesidad logística expresada por diferentes fuentes.
Cali	Cali, como la tercera ciudad más grande del país, ha sido identificada como un punto estratégico para desarrollar una plataforma logística centrada en la entrega de productos en áreas urbanas y en la agrupación de cargamentos para su envío fuera de Colombia o distribución en otras regiones del país.
Bucaramanga	Bucaramanga reúne las condiciones adecuadas para establecer a futuro un área logística que mejore la gestión de la distribución de cargas dentro de la ciudad y permita la agrupación de los productos provenientes de la industria local.

Tabla 3 Plataformas logísticas de distribución urbana y consolidación de cargas. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

3.1.5.2 Área logística de apoyo en frontera

Se tratan de áreas logísticas de distribución que contienen todos los recursos y facilidades requeridos para llevar a cabo operaciones de almacenaje y reparto, y están ubicados cerca a alguna frontera terrestre. En el caso de Colombia, se destaca Cúcuta que está cerca de la frontera con Venezuela, e Ipiales cerca de la frontera con Ecuador.

Área logística de apoyo en frontera	
Cúcuta	Cúcuta indudablemente destaca como el principal punto fronterizo que demanda intervenciones específicas en infraestructura logística. Según el ministerio de comercio, industria y turismo hasta noviembre del 2023 el comercio entre Colombia y Venezuela (exportaciones más importaciones) alcanzó más de 710 millones de dólares (FOB), esto la posiciona como un nodo logístico de gran relevancia teniendo en cuenta la reciente apertura de la frontera Colombo-venezolana.
Ipiales	En el segundo punto fronterizo, Ipiales, es donde principalmente se lleva a cabo el intercambio comercial terrestre entre Colombia y Ecuador, según oec world en el año 2022, Colombia exportó más de 1,890 millones hacia Ecuador, cifra que viene en crecimiento anual, lo que conlleva a que Ipiales también podría ser apto para establecer una zona logística de apoyo en la frontera.

Tabla 4 Plataformas logísticas de apoyo en frontera. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

3.1.5.3 Centros de carga aérea

Son Complejos logísticos intermodales que combinan el transporte aéreo y terrestre, conectados a extensas terminales de carga aérea. Estos centros suelen contar con instalaciones para la conexión por carretera, además de infraestructura aduanera y controles para el comercio exterior. En Colombia, se destacan 3; Bogotá, Medellín y Barranquilla.

Centro de Carga Aérea	
Bogotá	El aeropuerto líder en transporte de carga aérea en Colombia, El Dorado, debe dirigir de manera urgente sus esfuerzos hacia la creación de un centro de carga aérea. Según el ministerio de transporte en el 2022, el dorado movilizó 766,700 toneladas, esto quiere decir que es crucial identificar terrenos disponibles en las cercanías del aeropuerto que permitan establecer un centro de carga aérea con acceso directo a la rampa.
Medellín	En cuanto al Aeropuerto de Río Negro, que manejó 110,530 toneladas en 2022 según el ministerio de transporte, se ha reconocido que las perspectivas de crecimiento, tanto por el desarrollo económico como por el efecto multiplicador de las infraestructuras logísticas, la implementación de un centro de carga aérea podría representar una oportunidad para sectores particulares como la industria del calzado y la producción de chocolate, además de los sectores tradicionales presentes en Antioquia.
Barranquilla	A pesar de ser un aeropuerto de menor escala en el panorama de tráfico de carga colombiano, Barranquilla se considera con condiciones de macro localización adecuadas para justificar el desarrollo de un centro de carga aérea, visto como estratégico para el país.

Tabla 5 Plataformas logísticas de carga aérea. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

3.1.5.4 Centros de consolidación de cargas regionales

Se trata de plataformas logísticas a nivel regional que disponen de todas las facilidades y recursos requeridos para llevar a cabo operaciones de almacenaje y distribución. En el caso de Colombia se destacan Armenia y Pereira, siendo parte del eje cafetero, y Neiva.

Área logística de consolidación de cargas regionales	
Armenia	El departamento de Quindío ha experimentado progresos significativos en el ámbito logístico, contribuyendo de manera continua a la disminución de los costos asociados al transporte de carga y mercancías. Además, estos avances han potenciado el desarrollo de plataformas y parques industriales, aprovechando su posición geográfica como el epicentro del Triángulo de Oro.
Pereira	Pereira ha registrado avances sustanciales en la optimización de su infraestructura logística con el objetivo de agilizar la distribución de productos y mercancías. Debido

a su posición geográfica central en Colombia, la ciudad goza de ventajas para favorecer la conectividad y el transporte eficaz de bienes a lo largo del territorio nacional.

Neiva	La economía de Neiva ha estado tradicionalmente asociada a áreas como la agricultura, la ganadería y la industria a lo largo de su historia. Debido a su localización estratégica en el suroeste de Colombia, la ciudad cuenta con beneficios particulares para el transporte de productos agrícolas y bienes manufacturados en la zona.
-------	--

Tabla 6 Plataformas logísticas de consolidación de cargas regionales. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

3.1.5.5 Zonas de actividades logísticas portuarias (ZAL)

Son centros logísticos asociados a puertos, que realizan labores correspondientes a la segunda y tercera línea portuaria, mayormente enfocadas en operaciones logísticas relacionadas con mercancías marítimas. En la actualidad Colombia cuenta con 5 zonas destacadas como ZAL, Cartagena, Buenaventura, Barranquilla, Santa Marta y con recientes avances, Turbo.

Zona de Actividad Logística (ZAL) portuaria	
Cartagena	Cartagena se presenta como la opción principal para proyectos logísticos vinculados a la actividad portuaria. En su área metropolitana se busca ordenar el tráfico de camiones con el fin de disminuir los gastos logísticos y optimizar el control del tráfico en una ciudad que se enfoca en el turismo. Esto abre la posibilidad de convertirse en un punto central importante para la distribución de bienes en la región Caribe.
Buenaventura	Buenaventura, estratégicamente ubicada en la costa del Pacífico, destaca como una plataforma logística de vital importancia en Colombia, siendo un puerto clave para conectar el comercio exterior de Colombia. El fortalecimiento y la ampliación de sus habilidades para gestionar la carga, especialmente la que se transporta en contenedores, son cruciales para conservar su importancia como punto principal de atraque.
Barranquilla	Barranquilla emerge como el segundo centro neurálgico del comercio exterior, con un marcado componente industrial y la posibilidad de consolidar un incipiente tráfico fluvial hacia el interior del país, buscando así reducir los costos logísticos en el transporte de mercancías entre el centro y la costa. Además, es la cuarta ciudad más poblada del país.
Santa Marta	Santa Marta, como el tercer polo logístico en la región del Caribe, se presenta como candidato para la implementación de una ZAL que respalde las actividades logísticas vinculadas al transporte marítimo.
Turbo	Actualmente turbo no ha despegado como un puerto de importancia nacional, esto debido a que carece de las condiciones comerciales necesarias para impulsar proyectos logísticos, es posible que la iniciativa del corredor Medellín-Turbo, con el respaldo del Gobierno Nacional, departamental y local, tenga un impacto considerable y permita potencializar a Turbo como un puerto de mayor importancia a nivel nacional.

Tabla 7 Plataformas logísticas de actividad portuaria. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

3.1.5.6 Puertos secos

Centros logísticos especializados en facilitar el intercambio entre modos de transporte, ya sea ferrocarril y carretera, o ferrocarril y marítimo. Se denominan puertos secos instalaciones logísticas en tierra firme que están conectadas a través de ferrocarriles o carreteras con los puertos de origen o destino de las mercancías. En Colombia se destaca Buga, quien ha hecho un esfuerzo por recuperar la antigua red férrea, siendo un futuro destino interesante en cuanto logística.

Puerto Seco	
Buga	Buga, estratégicamente ubicada en el Valle del Cauca, se erige como una destacada plataforma logística en Colombia. Su posición geográfica privilegiada y su acceso eficiente a importantes corredores viales, especialmente por su conexión directa con el puerto de Buenaventura, la convierten en un nodo clave para la distribución y transporte de mercancías a nivel nacional. Buga no solo facilita la conexión entre diferentes regiones del país, sino que también potencia la eficiencia logística, contribuyendo así al dinamismo y desarrollo del comercio y la industria colombiana. Su papel central en la red logística la posiciona como un actor fundamental en el panorama económico del país.

Tabla 8 Plataformas logísticas de Puerto seco. Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

3.1.5.7 Actualidad de plataformas logísticas en Colombia

El Departamento Nacional de Planeación tiene un plan nacional de logística planteado en el 2008, se incluyen 20 corredores logísticos, que son nuestro punto de partida, debido a que fueron utilizados en el estudio de (Arana & Delgado, 2014). Sin embargo, con el objetivo de estudiar un poco más a fondo la actualidad logística en Colombia, se descartaron algunas plataformas logísticas, y por el contrario se añadieron nuevos puntos dado sus avances en el área de almacenamiento logístico.

Una zona franca se define como un área delimitada que cuenta con una infraestructura especializada, donde las empresas pueden llevar a cabo actividades como el almacenamiento de mercancías, la fabricación y venta de productos, o la prestación de diversos servicios (Mincomercio, 2022). Es importante destacar que, en un único nodo logístico, es posible encontrar múltiples zonas francas, lo que permite considerar el movimiento de mercancías de cada una como parte de una plataforma logística integrada. En otras palabras, varias zonas francas pueden coexistir dentro de un mismo nodo logístico, funcionando de manera coordinada para facilitar el flujo eficiente de mercancías y servicios.

Considerando lo anterior, el informe emitido por el Ministerio de Comercio en 2022 (Mincomercio, 2022) revela la existencia de diversas zonas francas aprobadas. Entre estas, se destacan las zonas francas permanentes que fueron declaradas previo a la promulgación de la Ley 1005 de 2009, las cuales suman un total de 32 zonas. Además, se identifican 79 zonas francas permanentes especiales declaradas, lo que resulta en un conjunto total de 121 zonas francas en el territorio nacional.

Sin embargo, el informe estadístico sobre el movimiento de mercancías en zonas francas, proporcionado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), únicamente contempla datos relacionados con el movimiento de mercancías en 35 zonas francas. Como resultado de esta discrepancia, se excluyeron como nodos logísticos las localidades de Maicao y Puerto Berrío, al no contar con zonas francas incluidas en el informe del Ministerio de Comercio. Del mismo modo, se excluyó Barrancabermeja y Manizales, que, a pesar de contar con plataformas logísticas, no hay información específica sobre el movimiento de mercancías en dichas zonas francas según el informe del Dane.

Además, se han designado como áreas de consolidación logística para cargas regionales los nodos ubicados en Armenia, Neiva y Pereira, los cuales cuentan con zonas francas que figuran en el informe estadístico del Dane. Es importante destacar que dicho informe proporciona datos sobre el movimiento de mercancías en las zonas francas de Cencauca (Puerto Tejada) y Parque Sur (Villarrica). Sin embargo, debido a que nuestro enfoque se centra en las principales ciudades, estas dos zonas francas no fueron incluidas en el presente estudio.

No obstante, en futuras investigaciones se podría considerar la inclusión de las mencionadas zonas francas, así como otras empresas de importancia como Colombina (ubicada en Santander de Quilichao) y Carvajal (ubicada en Guachené), como nodos logísticos. Estas empresas son relevantes en el suroccidente colombiano y podrían contribuir significativamente al desarrollo logístico de la región. A raíz de lo expuesto, se hace un conteo de las zonas francas para tener en cuenta en esta investigación.

3.1.6 Caracterización Ciudades

Colombia al ser uno de los países más poblados de Sudamérica, posee un significativo número de centros poblados, que en general cuentan con buen desarrollo y calidad de vida, aunque también con diferentes carencias sociales como la falta de acceso a servicios básicos para una parte vulnerable de la población, desigualdades económicas y algunos en caso particulares núcleos urbanos con problemas notables de seguridad. A raíz de lo anterior, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) se encarga de elaborar la política destinada a fortalecer el sistema de ciudades, de acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo (PND). Con este fin, se hace referencia al documento “Misión Sistema de Ciudades”, que tiene como propósito desarrollar una estrategia a largo plazo a nivel nacional con el objetivo de fortalecer el sistema de ciudades en Colombia (DNP, 2014).

El libro “Misión Sistema de Ciudades” trabaja con aquellas ciudades que cumplan alguno de los siguientes criterios:

- Más de 100 mil habitantes (parámetros internacionales), independientemente de que se encuentren aglomeradas o no;
- Menos de 100 mil habitantes que sean capitales de departamento

- Menos de 100 mil habitantes y que pertenezcan a una aglomeración.

Si bien con estos criterios, hay 58 ciudades que hacen parte de este sistema, para este proyecto se trabajara exclusivamente con las Capitales que cuenten con conexión por vía terrestre hacia los puertos marítimos y las plataformas logísticas definidas anteriormente, es decir, finalmente se trabajaran con 27 ciudades. Esto para lograr que cada departamento cuente con un eje de referencia.

3.2 Selección de indicadores de accesibilidad

Una medida de accesibilidad ideal debería abordar cuatro componentes esenciales: la calidad de la infraestructura de transporte, la distribución espacial de oportunidades, las restricciones temporales y las características individuales. No obstante, es importante reconocer que la implementación conjunta de todas estas componentes es demasiado compleja en la práctica. Por ello, las medidas de accesibilidad se centran en un subconjunto de estos elementos, incluyendo factores como la infraestructura, la ubicación, el individuo y la utilidad. (Geurs & van Wee, 2004)

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y analizando tanto la información recopilada como la revisión de literatura sobre diversas investigaciones centradas en accesibilidad vial, se eligieron los indicadores que se consideraron más apropiados para llevar a cabo esta investigación. Por ende, optamos por aquellos que contaban con datos fácilmente accesibles y, al mismo tiempo, eran capaces de evaluar de manera integral todos los elementos relevantes. La elección se basó en la disponibilidad de información confiable y actualizada, asegurando así una evaluación precisa.

3.2.1 Presencia/Ausencia

Se consideró principalmente con el motivo de evaluar el estado de la red vial de manera cuantitativa, de esta forma es posible conocer que departamentos tienen mayores avances en cuanto la totalidad de su infraestructura vial, y de esta manera poder caracterizar las vías en Colombia. Con este indicador es posible conocer la cobertura total de la red vial por departamento, para ellos se realizó la suma de las redes viales tanto primarias, secundarias y terciarias (Izquierdo, 1994).

3.2.2 Densidad

Se tuvo en cuenta el uso de este indicador en esta investigación, debido a que podemos conocer la cantidad relativa de kilómetros de carretera por un área determinada. Esto puede ser crucial para comprender y la movilidad y la conectividad por departamento, partiendo del supuesto que la densidad de infraestructura y la accesibilidad están directamente relacionadas. En este caso, se estableció un ponderado, donde la red primaria tenía un valor de 1, mientras que la secundaria y terciaria contaban con un valor de 0.5 y 0.2 respectivamente. Esto teniendo en

cuenta la importancia que tendría cada red en la movilización de mercancía a nivel nacional (Monzón, 1998).

3.2.3 Distancia Promedio

La importancia de este indicador en esta investigación es que nos permite evaluar la proximidad física entre los diferentes puntos de interés (Puertos, Plataformas y Ciudades), y así poder determinar la eficiencia de la red actual. Además de conocer cuáles son las ciudades que tienen que hacer menor desplazamiento hacia los puertos y las plataformas logísticas; y, por el contrario, cuales presentan mayores retos al momento de desplazarse (Izquierdo, 1994).

3.2.4 Factor de Ruta

Se utilizó este indicador para conocer de manera más detallada la eficiencia de la red. Gracias al factor de ruta, es posible conocer los niveles de accesibilidad que tiene las diferentes ciudades, teniendo en cuenta su localización e identificar si a partir de los avances en infraestructura que se han realizado en los últimos años, este indicador ha mejorado o no en los diferentes departamentos. Se estableció el cálculo del factor de ruta, para ciudades y puertos; ciudades y plataformas; plataformas y puertos; y uno general que contara tanto la accesibilidad hacia los puertos y las plataformas logísticas (Izquierdo, 1994).

3.2.5 Accesibilidad Potencial

Este indicador se utilizó como medida basada en la localización, a través de este indicador es posible determinar el potencial que tienen tanto ciudades, plataformas y puertos con respecto a su accesibilidad. Para el cálculo del coeficiente de atracción en plataformas y puertos marítimos, se tuvo en cuenta el área de bodega como la atracción en términos de área; y el movimiento de mercancías como la atracción en términos de servicio, para ambos casos tanto el área como el servicio se les otorgó un porcentaje de importancia del 50%, debido a que ambos factores se consideran claves para determinar la potencialidad en el movimiento de mercancía en un centro de distribución o puerto de carga. En el caso de las ciudades se utilizó el grado de competitividad económica (Dony, Demelle & Demelle, 2015).

3.3 Estimación y análisis de indicadores de accesibilidad

Después de llevar a cabo el correspondiente proceso de recolección de información y definición del escenario, se procede al cálculo de los indicadores mencionados en la sub-sesión anterior. Por medio de esta metodología se facilita la identificación, a nivel departamental, de aquellos departamentos que presentan las mejores condiciones, así como de aquellos que muestran condiciones menos favorables. Las matrices bases para el cálculo de estos indicadores se construyeron de acuerdo a las distancias tanto reales como euclidianas, entre nodos: ciudades, puerto marítimo y plataforma logística, siendo organizadas según el caso de cada indicador.

De igual manera es importante mencionar que para la realización de los mapas resultados de la estimación de los indicadores, se utilizó la base geografía del MGN Dane, y se unió con la información alfanumérica recopilada en Excel.

3.3.1 Estimación: Indicador Presencia/Ausencia

Para la estimación de este indicador, se consideran las redes primaria, secundaria y terciaria. Por medio de datos proporcionados por el Ministerio de Transporte, se determinó el total de kilómetros de vías por departamento, esto permitió identificar los que cuentan con una mayor cobertura de infraestructura y los que tienen deficiencias en este aspecto.

3.3.2 Estimación: Indicador Densidad

Para la estimación de este indicador, se tuvieron en cuenta algunas consideraciones, como la ponderación por kilometraje de las tres redes: el total de kilómetros de la red primaria recibió un coeficiente del 100%, mientras que la red secundaria y terciaria recibieron coeficientes del 50% y 20%, respectivamente (Monzón, 1998). Esta ponderación se realizó considerando que la red primaria es la más significativa, ya que conecta los diferentes departamentos y ciudades principales de Colombia.

3.3.3 Estimación: Indicador Distancia Promedio

Para estimar este indicador, se consideraron las distancias desde las ciudades incluidas (27) en el estudio hacia cada puerto marítimo (5) y plataforma logística (19) respectivamente, obteniendo una matriz de 27 x 24. Esto se realizó con el objetivo de calcular un promedio, teniendo en cuenta que las sociedades portuarias y los centros logísticos desempeñan un papel crucial en la red de abastecimiento y movimiento de mercancías del país, por lo que una proximidad a estos puntos puede resultar beneficioso para un centro poblado.

3.3.4 Estimación: Indicador Factor de Ruta

Este indicador evalúa la eficiencia y calidad del trazado de la red vial de Colombia y el nivel de accesibilidad de cada ciudad incluida en el estudio con respecto a las plataformas y las sociedades portuarias. Para su cálculo, se empleó la aplicación Google Maps y, en casos donde las rutas estuvieran cerradas debido a bloqueos, se recurrió a la plataforma Open Route Service para determinar las distancias lo más real posible entre nodos (ciudad-puerto, ciudad-plataformas, plataformas-puertos y general). De igual forma, gracias a la herramienta “modo directo” de Open Route Service, fue posible obtener las distancias euclidianas, de esta manera se obtuvo una base de datos que incluyera tanto las distancias euclidianas como las distancias reales, necesarias para calcular el factor de ruta

3.3.5 Estimación: Indicador Accesibilidad Potencial

Para calcular este indicador, se utilizaron las distancias reales obtenidas en la recolección de información, es decir, para cada nodo sea ciudad, plataforma o puerto, se tuvo en cuenta su distancia mínima obtenida entre los diferentes puntos, por lo que este valor puede variar entre 10 kilómetros (para las plataformas y/o puertos que se encuentran en un núcleo urbano) hasta valores de más de 1,000 kilómetros.

Para evaluar la potencialidad de los puertos y las plataformas, se consideró su capacidad de infraestructura física (área de bodega) y el volumen de movimiento de mercancías. En el caso de las ciudades, se tuvieron en cuenta los resultados del estudio de competitividad de ciudades realizado por el Consejo Privado de Competitividad, que examina detalladamente los pilares de infraestructura (Servicios, transporte e incluso el uso de las TIC) y capital humano (Salud y acceso a la educación). Estos valores obtenidos, se normalizaron en el rango de 0 al 100.

3.4 Análisis exploratorio de datos espaciales

Se llevó a cabo un análisis exploratorio de datos espaciales mediante el cálculo de medidas de estadística descriptiva y estadística espacial. Esto nos brinda una visión detallada de la situación actual del país, considerando que el enfoque principal de este proyecto radica en determinar la relación entre las condiciones socioeconómicas y la accesibilidad.

3.4.1 Estadística Descriptiva

3.4.1.1 Medidas de tendencia central

Con los resultados obtenidos en la fase de estimación y análisis de indicadores de accesibilidad, se procede a hacer un cálculo de las medidas de tendencia central, específicamente de la media, la mediana, la desviación estándar y el coeficiente de variación; esto con el fin de conocer más en detalle el comportamiento de los resultados obtenidos de cada indicador

3.4.1.2 Mapas de desviación estándar

La desviación estándar se emplea comúnmente como medida de dispersión para evaluar la variabilidad de los datos con respecto a la media. En la elaboración de los mapas de desviación estándar, se utilizó el software ArcMap, el cual, por defecto, representa gráficamente la discrepancia entre el valor del atributo de una entidad y el valor medio.

3.4.2 Coeficiente de Gini y curva de Lorenz

El coeficiente de Gini es una medida estadística utilizada para cuantificar la desigualdad en la distribución de un determinado atributo entre los miembros de una población, como en el caso de este estudio, el acceso a vías de transporte. El uso de este indicador ha permitido determinar la distribución de la infraestructura vial en la población bajo análisis. En esta investigación, se evaluaron con los indicadores de presencia/ausencia y densidad de vías mediante el coeficiente de Gini, teniendo en cuenta que eran los indicadores que nos permitían cuantificar qué segmentos de la población tenían acceso a cierto número de vías.

Se realiza una medición inicial con la población total del país y, posteriormente, una segunda medición únicamente con la población que enfrentaba necesidades básicas insatisfechas. Esto con el fin de identificar si existía alguna variación significativa en la desigualdad con la población más vulnerable.

La curva de Lorenz es una herramienta gráfica que proporciona una forma visual de entender la desigualdad y en este caso evaluar la equidad en la distribución de infraestructura; se representa como una línea que se aleja de la línea de igualdad, mostrando cómo la distribución real difiere de la distribución perfectamente equitativa.

3.4.3 Índice de Moran

Para llevar a cabo una evaluación de la autocorrelación global de cada uno de los indicadores calculados, se aplicó el diagrama de dispersión global de Moran. Este método estadístico permite discernir la presencia de patrones de similitud o discrepancia espacial en los valores de la variable bajo análisis. Teniendo en cuenta el contexto de esta investigación, el criterio de vecindad utilizado fue Reina de primer orden, es decir, únicamente se consideran los departamentos que pueden estar ubicados lateral, longitudinal o diagonal al departamento de estudio, siempre y cuando compartan algún límite terrestre.

Se utilizó el programa Geoda para implementar el Diagrama de Dispersión Global de Moran, tanto univariante como bivariante, teniendo en cuenta el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Como resultado, se obtuvo la autocorrelación representada en un plano cartesiano dividido en cuatro cuadrantes. Los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo indican autocorrelación positiva, mientras que los cuadrantes superior izquierdo e inferior derecho indican autocorrelación negativa. Este análisis permite identificar patrones de agrupamiento espacial y evaluar la presencia de autocorrelación en los datos geoespaciales analizados.

El software GeoDa realiza la evaluación del índice de moran, donde sólo solo consideramos los valores de las unidades de análisis establecidas por medio del criterio de vecindad. Para así, identificar la característica de los patrones espaciales actuales, determinando si están concentrados, esparcidos o dispuestos de manera aleatoria. Este proceso implica el cálculo del Índice I de Moran, seguido de la obtención de una puntuación z y un valor P, con lo que se obtienen detalles sobre la relevancia estadística de dicho índice.

De acuerdo con las recomendaciones de (Siabato & Guzmán, 2018), se sugiere que si los valores obtenidos empíricamente están en el rango entre $-0.35 \leq I \leq 0.35$, lo más probable es que exista ausencia de auto correlación, mientras que los valores mayores y menores probablemente conlleven a algún tipo de auto correlación. Por otra parte (Molina, 2017), sugiere que entre más pequeño sea el valor p, es más favorable el resultado, un valor $p < 0.005$ indica que el resultado es clínicamente importante, por el contrario, si $p > 0.005$ el resultado no tiene importancia clínica.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Caracterización Zona de Estudio

4.1.1 Definición de Escenario

4.1.1.1 Ubicación geográfica

Colombia se sitúa en la esquina noroccidental de América del Sur, atravesando la línea ecuatorial. Con una extensión terrestre de 1,141,748 km², el país abarca desde la extensa selva amazónica hasta el istmo de Panamá. En su geografía, destaca la presencia de la imponente cordillera de los Andes, que se divide en tres dentro de Colombia: Oriental, Central y Occidental. Además, Colombia se distingue como el único país suramericano con costas en el océano Pacífico y en el océano Atlántico (Mar Caribe), otorgándole una extensión marítima de 928,660 km² (Escobar, 2013).



Ilustración 2 Mapa ubicación geográfica de Colombia. Fuente: Elaboración propia.

Hacia el norte, Colombia se extiende hasta alcanzar los 12°26'46'' de latitud norte, situándose en Punta Gallinas, en la península de la Guajira. En dirección sur, su territorio abarca hasta los 4°12'30'' de latitud sur. Respecto a su límite oriental, se encuentra ubicado a los 60°50'54'' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, mientras que, hacia el occidente, Colombia se extiende hasta alcanzar los 79°02'33'' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. Este punto está marcado por el Cabo Manglares, ubicado en la desembocadura del río Mira en el Océano Pacífico (Escobar, 2013).

4.1.1.2 División política

Colombia presenta una estructura política compleja que refleja su diversidad tanto geográfica como cultural. La nación está organizada en 32 departamentos, junto con un Distrito Capital, Bogotá, que desempeña el papel de la capital del país. Cada departamento se divide, a su vez, en municipios, estableciendo así un sistema administrativo descentralizado. Esta subdivisión territorial facilita la gestión de los recursos y servicios públicos, al mismo tiempo que fomenta una participación más activa de la ciudadanía a nivel local. De igual manera, el país dispone de otras subdivisiones distintivas, como las provincias, los territorios indígenas y colectivos (DNP, 2005). En la ilustración 3 se puede observar la división política actual de Colombia, es importante destacar que los colores utilizados no tienen ninguna connotación, funcionan únicamente para diferenciar visualmente las fronteras departamentales.

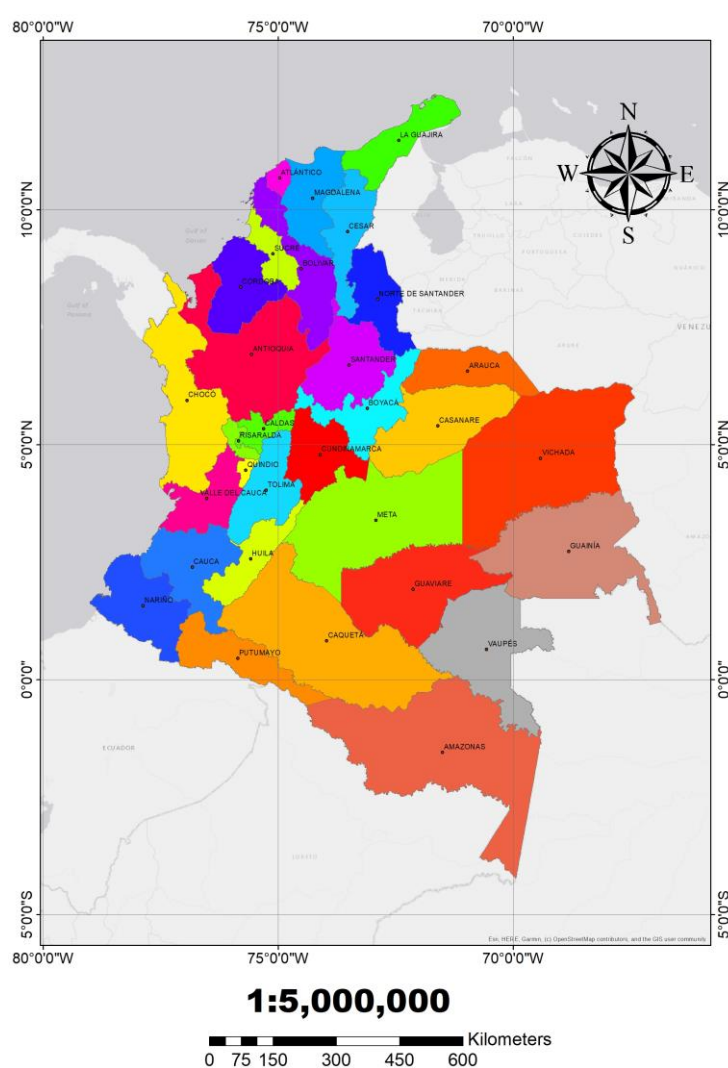


Ilustración 3 División Política de Colombia. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3 Demografía

Según las estimaciones del DANE en el censo del 2018 para el año 2023, la población de Colombia asciende a 52.22 millones de personas, distribuidas en un 51.2% de mujeres (26.73 millones) y un 48.8% de hombres (25.49 millones). Las principales urbes del país, como Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, funcionan como centros económicos y culturales clave, atrayendo a una proporción significativa de la población. En cuanto a la tasa bruta de natalidad en 2022, que representa el número total de nacimientos respecto a la población total, fue de 11 nacimientos por cada 1,000 habitantes. Es relevante destacar que aproximadamente el 74% de los habitantes de Colombia reside en áreas urbanas (Dane, 2022).

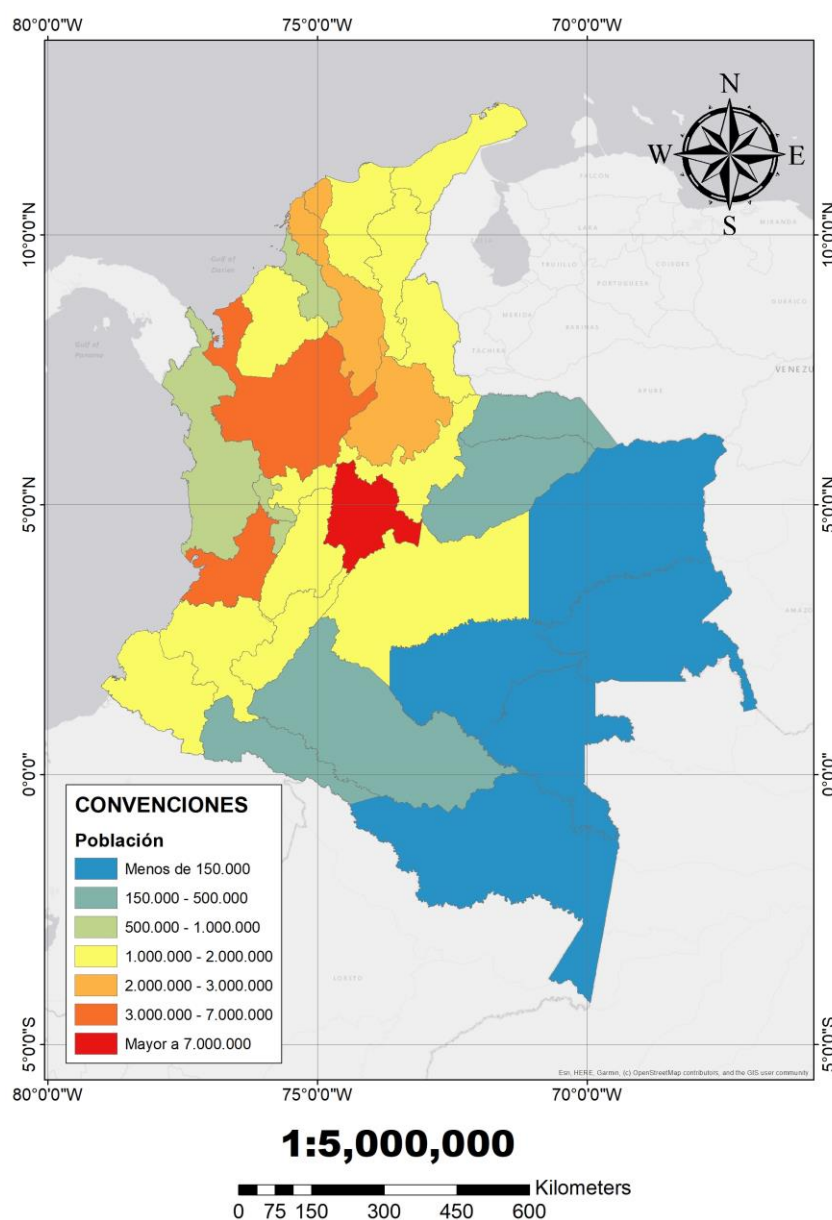
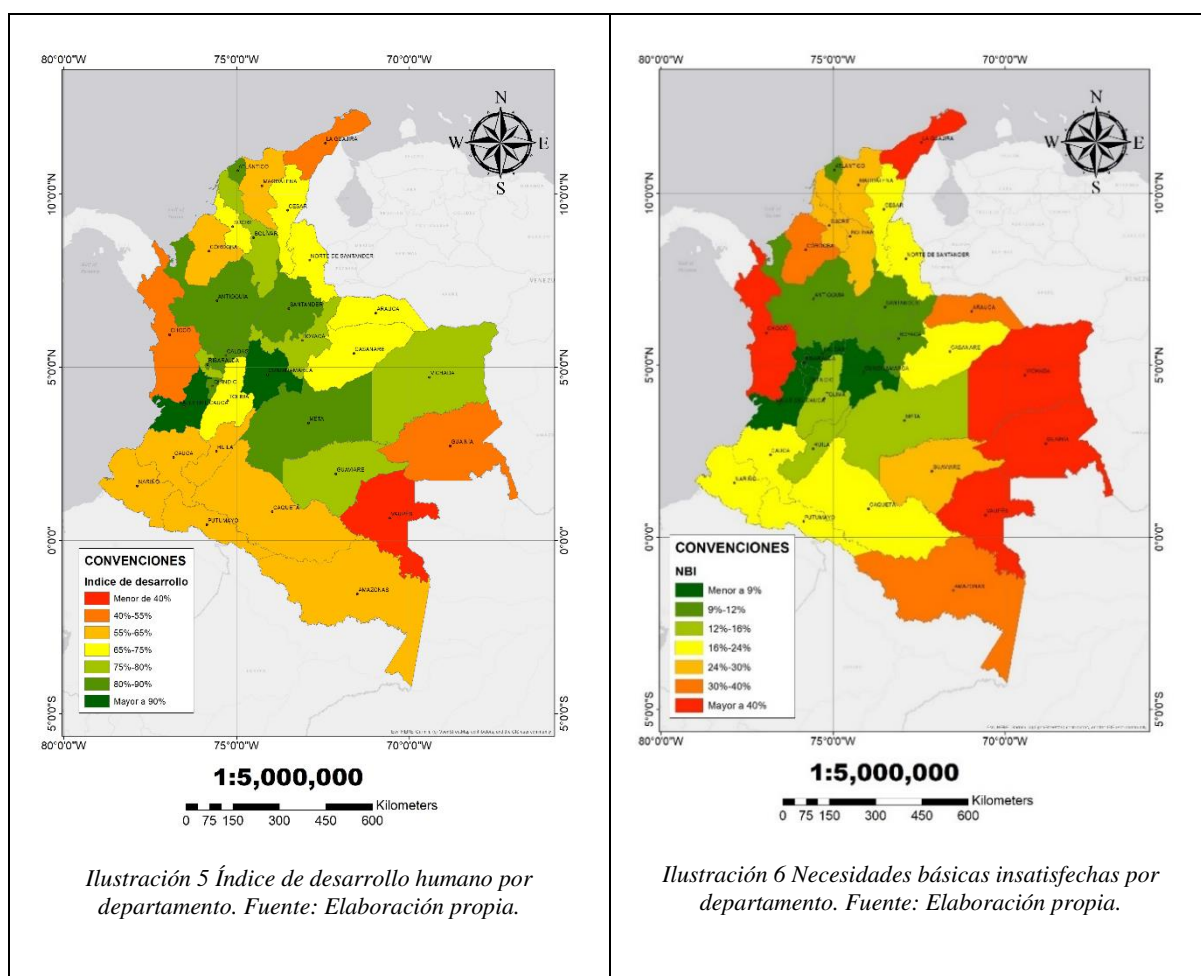


Ilustración 4 Mapa poblacional de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos del Dane.

Colombia se encuentra en el grupo de países con Alto Desarrollo Humano, ubicando a Colombia en el puesto 88 a nivel global; Cundinamarca y Valle del Cauca destacan con un IDH superior al 0.775, lo que hace que estos departamentos sean comparables con países europeos como Albania o Bosnia y Herzegovina, de igual manera, la mayor parte de los departamentos tienen un IDH superior al 0.7, lo que se categoriza como un índice de desarrollo alto. Sin embargo, hay excepciones como Choco, La Guajira, Guanía y Vaupés quienes tienen un IDH medio, lo que refleja una población Vulnerable (PNUD, 2022).



En cuanto las necesidades básicas insatisfechas, se destacan nuevamente los departamentos de Valle del Cauca, Cundinamarca, además del eje cafetero (Quindío, Risaralda y Caldas) quienes cuentan con un porcentaje de vulnerabilidad menor al 9%. Teniendo en cuenta estos datos, se puede destacar la notable desigualdad que existe en el país con algunas regiones, si bien los departamentos mencionados anteriormente tienen un porcentaje aceptable de NBI, los departamentos que suelen estar alejados del centro del país como Vaupés, Vichada, Guanía, Choco y La Guajira, que poseen niveles de NBI superiores al 40%. Por otra parte, es importante observar que los departamentos de la costa caribe, exceptuando Atlántico tienen porcentajes destacables de personas con necesidades básicas insatisfechas, a pesar de tener puertos importantes, y avances destacados en infraestructura estos últimos años (Dane, 2022).

4.1.2 Resultados Caracterización Red Vial

De acuerdo con la información proporcionada por el Ministerio de Transporte para el año 2020, la extensión total de la red vial en Colombia se estima en 205,379 kilómetros, los cuales se distribuyen entre las categorías de red primaria, secundaria y terciaria. La red primaria, que está bajo jurisdicción nacional, comprende 16,983 kilómetros, de los cuales el 62% (equivalente a 11,087 km) está a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), mientras que el restante 38% (equivalente a 6,809 km) es gestionado por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) mediante contratos de concesión. Por otro lado, la administración de la red secundaria recae en los gobiernos departamentales. Respecto a la red terciaria, que abarca 142,284 kilómetros, aproximadamente el 71% (equivalente a 100,748 km) está bajo la responsabilidad de los municipios, el 10% (equivalente a 13,959 km) se encuentra bajo la gestión departamental, y el 19% restante (equivalente a 27,577 km) es manejado por el gobierno nacional, siendo supervisado por el INVIAS. (MinTransporte, 2020).

Tipo de Red	Entidad Responsable	Kilómetros	Porcentaje (%)
Red Primaria	ANI	6,999	39.0%
	INVIAS	10,959	61.0%
	Total	17,958	100.0%
Red Secundaria	Departamentos	45,137	100.0%
	Total	45,137	100.0%
Red Terciaria	INVIAS	27,577	19.4%
	Departamentos	13,959	9.8%
	Municipios	100,748	70.8%
	Total	142,284	100.0%

Tabla 9 Caracterización infraestructura vial de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Transporte.

4.1.3 Resultados Caracterización Sociedades Portuarias

Cada una de estas sociedades portuarias juega un papel crucial en la infraestructura logística de Colombia. Estas entidades no solo impulsan el desarrollo económico del país, sino que también facilitan el comercio internacional y respaldan el crecimiento de diversas industrias como la petrolera o la manufacturera. La coordinación efectiva y el continuo perfeccionamiento de estas sociedades son esenciales para asegurar la competitividad de Colombia en el mercado global y para fomentar un comercio fluido y eficiente. Teniendo en cuenta lo anterior, la tabla 10 muestra la caracterización realizada a las sociedades portuarias presentes en esta investigación.

Ficha Técnica:		Sociedad Portuaria de Cartagena	Sociedad Portuaria de Barranquilla	Sociedad Portuaria de Santa Marta	Sociedad Portuaria de Buenaventura	Sociedad Portuaria de Tumaco
Datos Principales	Ubicación	Cartagena de Indias	Barranquilla	Santa Marta	Buenaventura	Bahía Tumaco vía Isla Morro
	Latitud	10° 21' 22" N	10°58'12" N	11° 15' 11" N	3°53'24" N	1° 49' 7" N
	Longitud	75° 30' 40" w	74°45'36" W	74° 13' 34"W	77°4'12" W	78° 43'52" W
	Tipo de Servicio	Público	Público	Público	Público	Público
Movilización de Carga	Total, Tráfico Portuario (T)	45,448,851	11,794,594	8,643,245	17,851,815	587,367
	N° de arribos de buques	3,912	1,631	769	1,178	49
	Exportaciones (T)	11,275,302	4,007,167	781,350	3,625,914	85,431
	Importaciones (T)	10,390,436	7,390,452	6,206,798	13,375,168	0
	Total, Comercio Exterior	21,665,738	11,397,619	6,988,148	17,001,082	85,431
Infraestructura	Longitud Canal de Acceso (m)	850	22,000	1,528	31,500	5,556
	N° de Muelles	9	8	7	13	1
	Longitud Muelle más largo(m)	1,808	1,058	240	1,969	184
	Número de grúas	8	4	3	19	1
	Área Bodegas, cobertizo y patios(m ²)	252,786	233,461	118,272	116,305	33,000

Tabla 10 Ficha técnica sociedades portuarias de Colombia. Fuente: Elaboración propia con datos de supertransporte y Mintransporte.

4.1.4 Resultados Caracterización Plataformas Logísticas

La tabla 11 muestra la caracterización realizada a las plataformas logísticas, donde se muestra el tipo de plataforma, el nodo y las zonas francas ubicadas en el nodo.

Tipo de Plataforma Logística	Nodo Logístico	Zonas Francas Ubicadas en el área
Área logística de distribución urbana y consolidación de cargas	Bogotá	ZFP Bogotá
		ZFP de Occidente
		ZFP de Tocancipá
		ZFP Gachancipá (ZOFRANDINA)
	Bucaramanga	ZFP Santander
	Cali	ZFP Pacífico
ZFP Palmaseca		
ZFP Zonamerica S.A.S.		
Medellín	ZFP Internacional Valle De Aburrá Zofiva SAS	
Área logística de apoyo en frontera	Cúcuta	ZFP Cúcuta
	Ipiales	ZFPE Alimento Nariño
	Centro de Carga Aérea	Barranquilla
ZFP Palermo		
Bogotá		ZFP Intexzona
		ZFP Metropolitana
		ZFP Parque Industrial FEMSA
Medellín		ZFP Rionegro
Área logística de consolidación de cargas regionales	Armenia	ZFP Quindío Zona Franca S.A.
	Neiva	ZFP SurColombiana
	Puerto Tejada-Villa Rica	ZFP Conjunto Industrial Parque Sur
		ZFP Cencauca (parque industrial caloto)
	Pereira	ZFP Internacional de Pereira
Zona de Actividad Logística (ZAL) portuaria	Barranquilla	ZFP la Cayena
		ZFP Internacional del Atlántico
	Buenaventura	ZFP Centro Logístico del Pacífico CELPA
	Cartagena	ZFP Parque Industrial Dexton
		ZFP Candelaria
		ZFP Shell Ep Offshore Ventures Limited
		ZFP Parque Central
		ZFP Cartagena
	Santa Marta	ZFP Tayrona
		ZFP las Américas
		ZFP Santa Marta
	Turbo	ZFP de Urabá

Tabla 11 Clasificación de Zonas francas según plataforma logística. Fuente: Elaboración propia con información del Dane en el año 2023.

4.1.5 Resultados Caracterización Ciudades

Después de realizar la caracterización, las ciudades incluidas en esta investigación están detalladas en la tabla 12, con una breve descripción sobre ellas.

Ciudad	Datos Generales	Descripción
Bogotá	Depto.: Cundinamarca Población: 10,164,140 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 4.711°N, 74.072°W	Al ser la capital del país juega un papel muy importante en la economía de Colombia, funciona como un punto central para actividades como finanzas, comercio, gobierno, educación y cultura.
Medellín	Depto.: Antioquia Población: 4,247,875 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 6.247°N, 75.565°W	Medellín tiene un papel esencial en Colombia, sobresaliendo por la amplia variedad de industrias, su dedicación a la innovación y emprendimiento, y el aumento de su relevancia en el ámbito turístico y cultural.
Cali	Depto.: Valle del Cauca Población: 2,872,335 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 3.451°N, 76.532° W	Es un centro industrial y comercial, abarcando sectores clave como la industria alimentaria, manufactura y producción de bienes de consumo. Su área circundante es conocida por la agricultura, especialmente en la producción de azúcar.
Barranquilla	Depto.: Atlántico Población: 2,647,866 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 11.004° N, 74.807° W	Importante para el comercio internacional, destacado centro industrial que abarca sectores como manufactura, petroquímica, alimentos y textiles.
Cartagena	Depto.: Bolívar Población: 1,342,827 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 10.393° N, 75.483°W	Es uno de los puertos más cruciales del país, tiene instalaciones significativas vinculadas a la industria petrolera y petroquímica, además de ser anfitriona de eventos internacionales.
Bucaramanga	Depto.: Santander Población: 1,303,540 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 7.1193°N, 73.1227°W	Es un importante centro industrial y comercial en la región. Ha experimentado un notable desarrollo en sectores como la industria manufacturera, la salud, la educación y los servicios.

Ciudad	Datos Generales	Descripción
Cúcuta	Depto.: Norte de Santander Población: 1,017,021 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 7.8891°N, 72.4967°W	Es un importante centro comercial y de intercambio, facilitando el comercio internacional y la circulación de bienes entre ambos países. Además, ha desarrollado sectores como el comercio, la industria y los servicios
Pereira	Depto.: Risaralda Población: 802,158 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 4.8087° N, 75.6906°W	Destaca en la producción de café, contribuyendo a la industria cafetera del país. Además, se ha desarrollado en sectores como la manufactura, la agroindustria y los servicios.
Villavicencio	Depto.: Meta Población: 577,398 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 4.1492° N, 73.6285°W	Es un importante centro de acopio y distribución de productos agrícolas, ganaderos y petroleros, facilitando la conexión entre los Llanos Orientales y otras regiones de Colombia.
Valledupar	Depto.: Cesar Población: 559,462 Tipo: Uninodal Coordenadas: 10.474°N, 73.2436°W	Es un destacado centro agroindustrial, consolidándose en la producción de productos agrícolas como el algodón y la palma de aceite. Además, la ganadería y la minería son sectores clave en la economía local.
Santa Marta	Depto.: Magdalena Población: 557,388 Tipo: Uninodal Coordenadas: 11.240° N, 74.2110°W	Facilita el comercio internacional y nacional. La ciudad ha experimentado un crecimiento en sectores como el turismo, la pesca, la agricultura y la industria, aprovechando su ubicación estratégica.
Ibagué	Depto.: Tolima Población: 545,210 Tipo: Uninodal Coordenadas: 4.444° N, 75.242° W	La Ciudad ha sido históricamente un centro agrícola, destacándose en la producción de café, arroz y productos lácteos. Viene experimentado un crecimiento en sectores como la industria manufacturera, la construcción y los servicios.
Manizales	Depto.: Caldas Población: 527,727 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 5.063° N, 75.502° W	Destaca como epicentro histórico de la producción de café en Colombia. De igual manera, es relevante por su industria manufacturera, especialmente en la producción de bienes como textiles y alimentos.
Montería	Depto.: Córdoba Población: 516,217 Tipo: Uninodal Coordenadas:	Es un importante centro agroindustrial, destacándose en la producción de arroz, algodón, yuca y ganadería. Además, la actividad petrolera en la región contribuye significativamente a la economía local.

Ciudad	Datos Generales	Descripción
	8.751° N, 75.878° W	
Armenia	Depto.: Quindío Población: 461,216 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 4.535° N, 75.675° W	La ciudad ha contribuido al renombre del café colombiano, uno de los principales productos de exportación del país. De igual manera su economía se ha diversificado con el desarrollo de sectores como el turismo, la industria manufacturera y los servicios.
Pasto	Depto.: Nariño Población: 397,831 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 1.2059°N, 77.2858°W	Es conocida por su producción agropecuaria, destacándose en la ganadería y la agricultura, con cultivos como papa, maíz y trigo. De igual manera sectores como la industria manufacturera y los servicios, contribuyen a la diversificación de su base económica.
Neiva	Depto.: Huila Población: 373,129 Tipo: Uninodal Coordenadas: 2.9345° N, 75.2809°W	Es un importante centro agrícola y ganadero, contribuyendo a la producción de alimentos en el país. La actividad agroindustrial, con cultivos como el arroz, la caña de azúcar y la palma de aceite, ha sido un motor significativo de la economía local.
Popayán	Depto.: Cauca Población: 333,382 Tipo: Uninodal Coordenadas: 2.4448° N, 76.614°W	Juega un papel crucial en la agroindustria en la producción cultivos como café, maíz y caña de azúcar. La ganadería también representa una actividad significativa. Además, ha presentado un desarrollo en sectores como la manufactura y los servicios.
Sincelejo	Depto.: Sucre Población: 304,026 Tipo: Uninodal Coordenadas: 9.304° N, 75.390° W	Tiene un crecimiento sostenido en diversos sectores, destacándose en la agricultura y la ganadería. La producción de alimentos como yuca, maíz y sorgo es una parte integral de la economía local.
Riohacha	Depto.: La Guajira Población: 212,314 Tipo: Uninodal Coordenadas: 11.538° N, 72.916° W	La economía de Riohacha se sustenta en actividades como la pesca, la agricultura y la minería. La pesca es especialmente importante debido a su ubicación costera.

Ciudad	Datos Generales	Descripción
Tunja	Depto.: Boyacá Población: 208,027 Tipo: Aglomeración Coordenadas: 5.544° N, 73.357° W	Tunja ha sido tradicionalmente un importante hub agrícola, destacándose en la producción de papa, cebolla y otros cultivos.
Yopal	Depto.: Casanare Población: 181,548 Tipo: Uninodal Coordenadas: 5.3489° N, 72.400° W	La explotación de recursos petroleros ha contribuido de manera sustancial a la economía. Además de la industria petrolera, también tiene una presencia destacada en sectores como la agricultura y la ganadería y la producción agropecuaria, con cultivos como arroz, sorgo y maíz.
Florencia	Depto.: Caquetá Población: 178,640 Tipo: Uninodal Coordenadas: 1.615° N, 75.604° W	Florencia ha visto un crecimiento en sectores como la minería y la explotación de recursos naturales. La presencia de reservas naturales y la biodiversidad de la región también han impulsado el ecoturismo, contribuyendo a la economía local.
Quibdó	Depto.: Choco Población: 133,906 Tipo: Uninodal Coordenadas: 5.695° N, 76.649° W	La economía de Quibdó está influenciada por la pesca, la minería y la agricultura, con un énfasis en productos como el plátano, el cacao y la piña. La región también es conocida por su riqueza en recursos naturales, como el oro, lo que ha impulsado la actividad minera.
Arauca	Depto.: Arauca Población: 101,457 Tipo: Uninodal Coordenadas: 7.076° N, 70.7105° W	Se encuentra en una región clave para la producción de petróleo, siendo la industria petrolera una fuente significativa de ingresos y empleo en la zona. La explotación de recursos petrolíferos ha contribuido al desarrollo económico.
Mocoa	Depto.: Putumayo Población: 61,391 Tipo: Uninodal Coordenadas: 1.1478° N, 76.6481° W	La ciudad se encuentra en una región rica en recursos naturales y biodiversidad. La economía de Mocoa está influenciada por actividades como la agricultura, la pesca y la explotación forestal, aprovechando la fertilidad de la tierra y la presencia de ríos.
San José del Guaviare	Depto.: Guaviare Población: 59,446 Tipo: Uninodal Coordenadas: 2.5678° N, 72.6397° W	Se encuentra en una región con una creciente importancia estratégica debido a su rica biodiversidad y recursos naturales.

Tabla 12 Ciudades de Colombia Fuente: Elaboración propia con datos de diferentes fuentes.

Las ilustraciones 7, 8 y 9 presentan de manera detallada la red vial de Colombia, con los puntos de interés presentes en esta investigación.

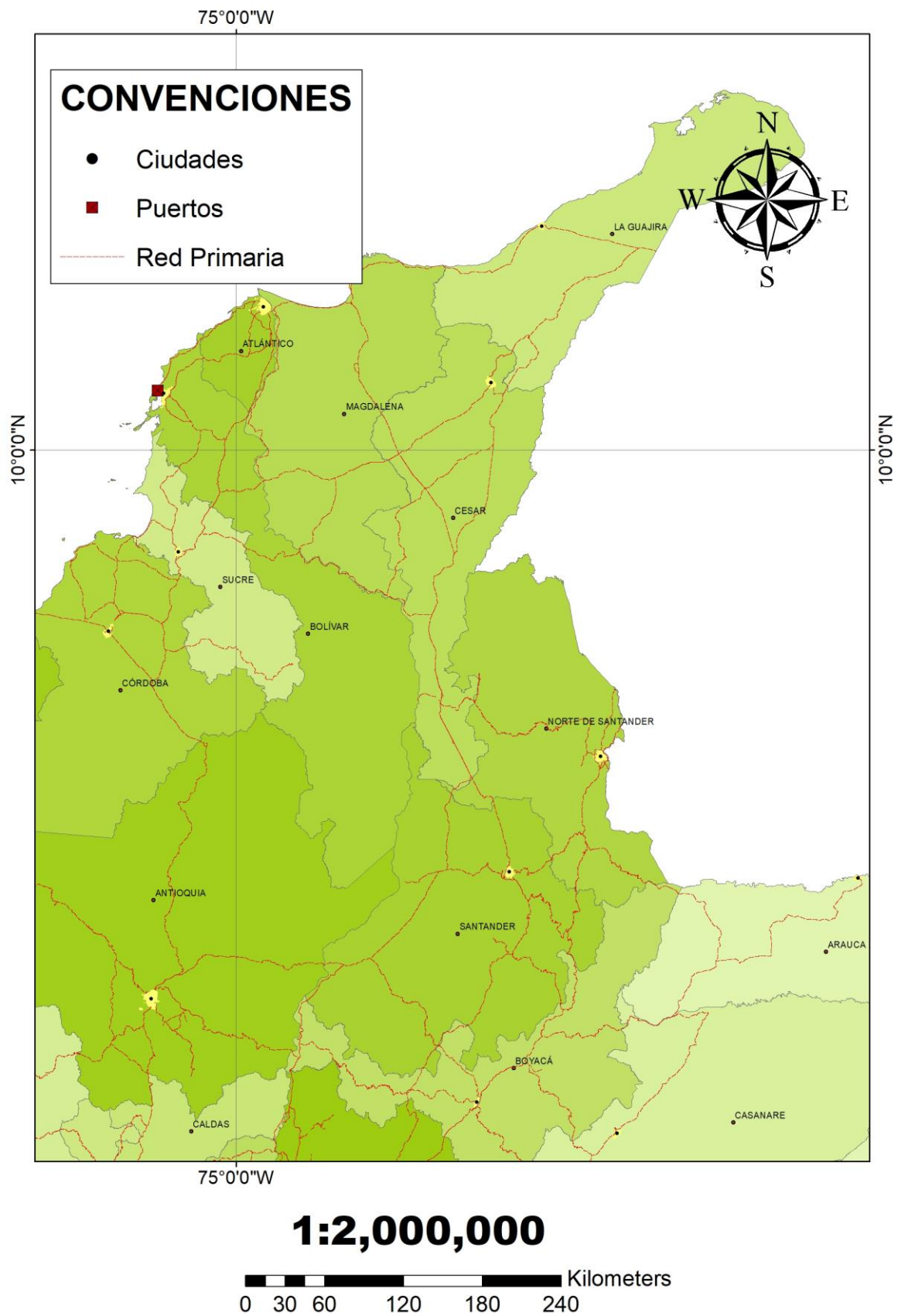


Ilustración 7 Red vial y puntos de interés zona Norte. Fuente: Elaboración propia.

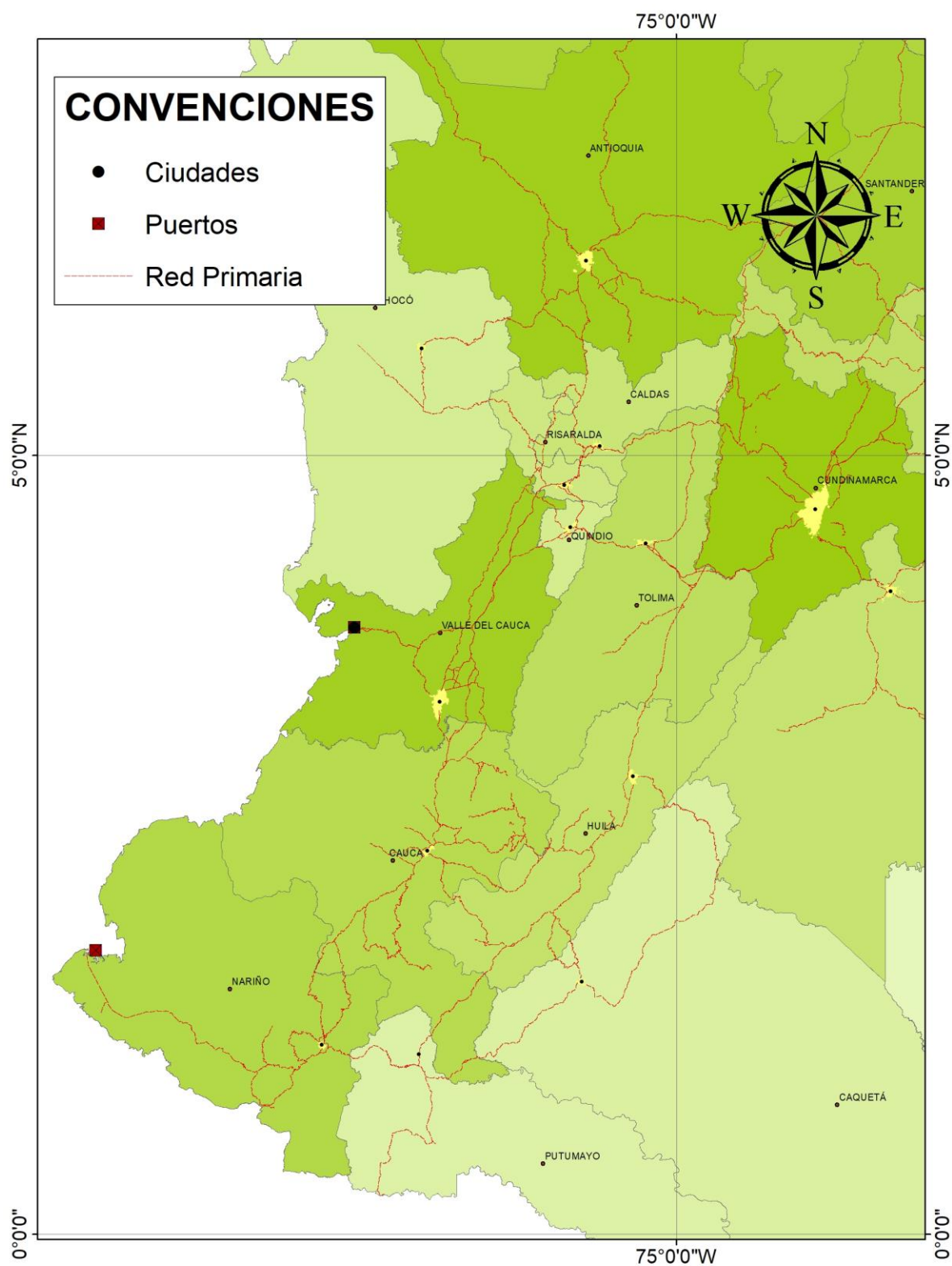
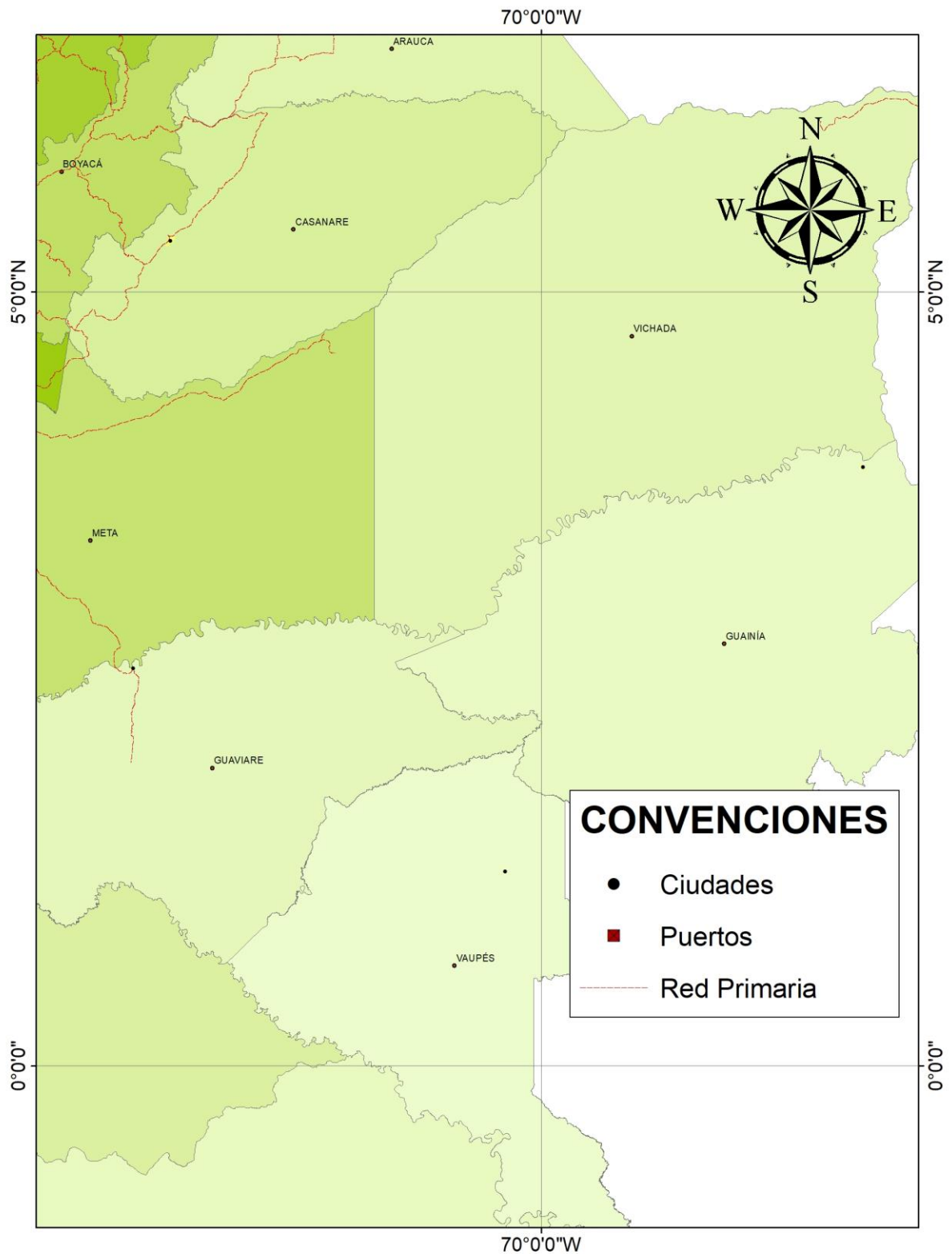


Ilustración 8 Red vial y puntos de interés zona Suroccidente. Fuente: Elaboración propia.



1:2,000,000

0 30 60 120 180 240 Kilometers

Ilustración 9 Red vial y puntos de interés zona sur oriental. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Evaluación de los Niveles de Accesibilidad

4.2.1 Indicador de presencia/ausencia

Los resultados de la presencia o ausencia de infraestructura vial por departamento se muestran de forma cuantitativa en la tabla 13 y de manera cartográfica en la ilustración 10.

Tabla 13 Resultados de Presencia Ausencia. Fuente: Elaboración propia.

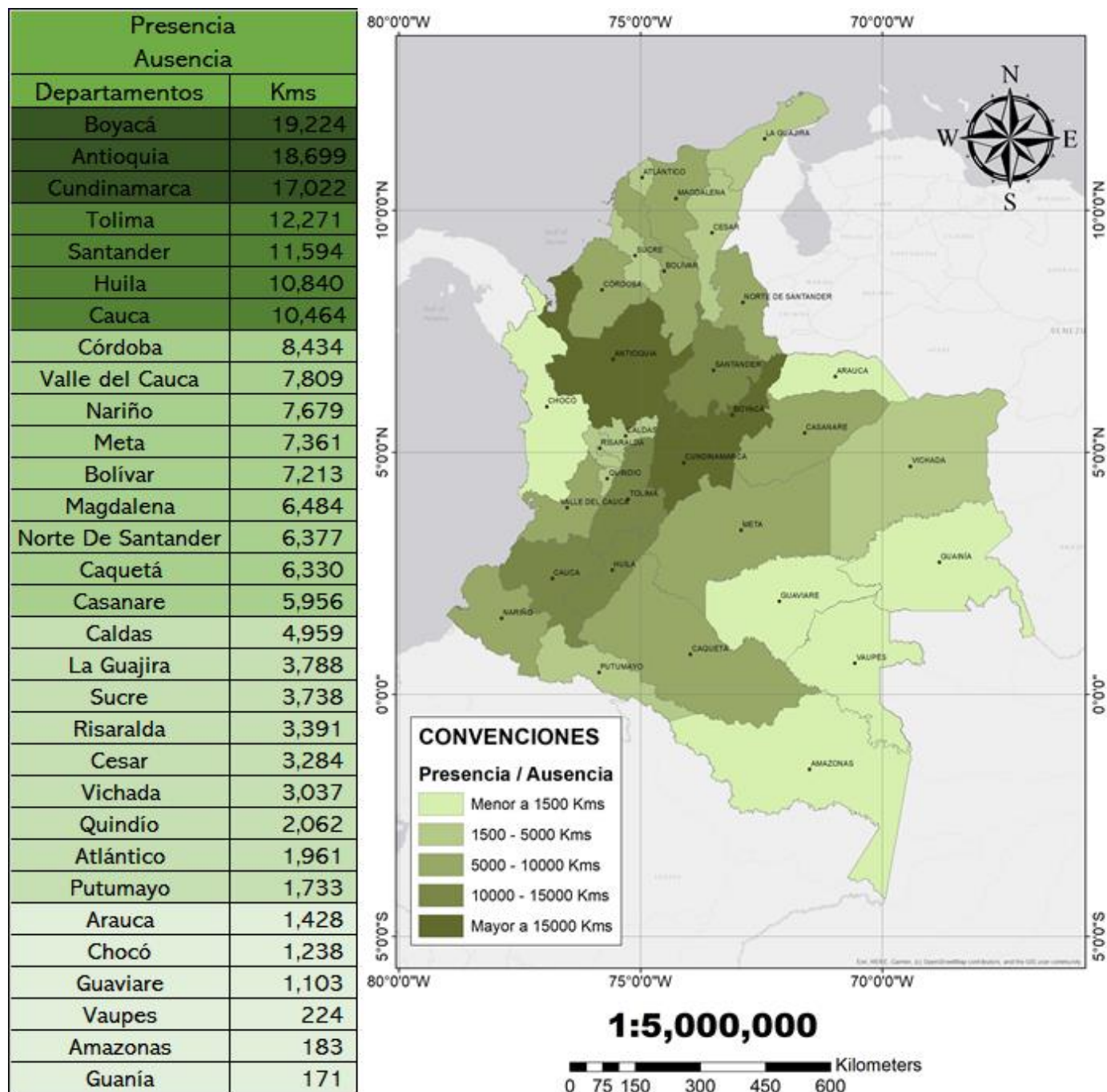


Ilustración 10 Mapa de Presencia Ausencia. Fuente: Elaboración propia.

El análisis del mapa revela una alta concentración de vías en la región Andina, destacando en tres departamentos que exhiben los niveles más altos de presencia de infraestructura: Bogotá, Antioquia y Boyacá, cada uno con más de 15 mil kilómetros de vías. Este hecho es significativo, dado que son los departamentos con mayor cantidad de municipios en Colombia. Asimismo, se evidencia una cobertura positiva en otros departamentos de la zona Andina, como Santander, Huila, Tolima y Cauca, este último teniendo parte de su territorio en la región Pacífica. En contraste, en la zona norte ningún departamento supera los 10,000 kilómetros de red vial. Departamentos extensos como Córdoba, Bolívar, Magdalena y Norte de Santander se clasifican como "regulares", mientras que Atlántico, Sucre, Cesar y La Guajira se consideran con una baja presencia de infraestructura vial, generando especial preocupación en los últimos dos, teniendo en cuenta que poseen una extensión territorial considerable.

Al enfocarnos en la región del Pacífico, podemos notar que el Valle del Cauca y Nariño se encuentran dentro de la categoría de presencia regular de infraestructura vial, junto con Caquetá, Casanare y Meta, los cuales comparten una ubicación geográfica relativamente similar y son también considerablemente extensos. Por otro lado, los tres departamentos que integran el Eje Cafetero: Quindío, Risaralda y Caldas, muestran una baja presencia de infraestructura vial, la principal razón puede ser atribuida a que estos departamentos tienen una menor extensión territorial en comparación con los demás incluidos en el estudio. De igual manera, los departamentos del sureste tienden a tener una presencia muy baja de infraestructura, principalmente debido a la abundancia de áreas protegidas y su baja densidad poblacional.

Se puede concluir que los departamentos ubicados más hacia el centro geográfico del país exhiben un índice superior de presencia de infraestructura vial. Un caso destacado es el de Chocó, que, a pesar de encontrarse fuera de la región amazónica, cuenta con tan solo 1,238 kilómetros de red vial primaria, secundaria y terciaria en total; incluso Putumayo, que forma parte de la región amazónica, tiene 500 kilómetros más de infraestructura vial. Asimismo, el departamento de Arauca presenta una cobertura de red vial menor en comparación con la de sus departamentos vecinos.

Por último, es importante señalar que la región con menor cobertura de infraestructura vial es la región del Amazonas, en particular los departamentos de Guaviare, Vaupés, Guanía y Amazonas. Los tres últimos mencionados cuentan con menos de 250 kilómetros de red vial. No obstante, es crucial precisar que esta limitada cobertura se debe a que estos departamentos presentan una baja densidad de población y que gran parte de su territorio está constituido por áreas protegidas que albergan la mayor parte de la flora y fauna de Colombia. Por lo tanto, la construcción de corredores viales en esta región no parece ser una opción conveniente a primera vista.

4.2.2 Indicador de densidad

Los resultados de índice de densidad por departamento se presentan de manera cuantitativa en la tabla 14 y cartográficamente en la ilustración 11.

Tabla 14 Resultados del Indicador de Densidad. Fuente: Elaboración propia.

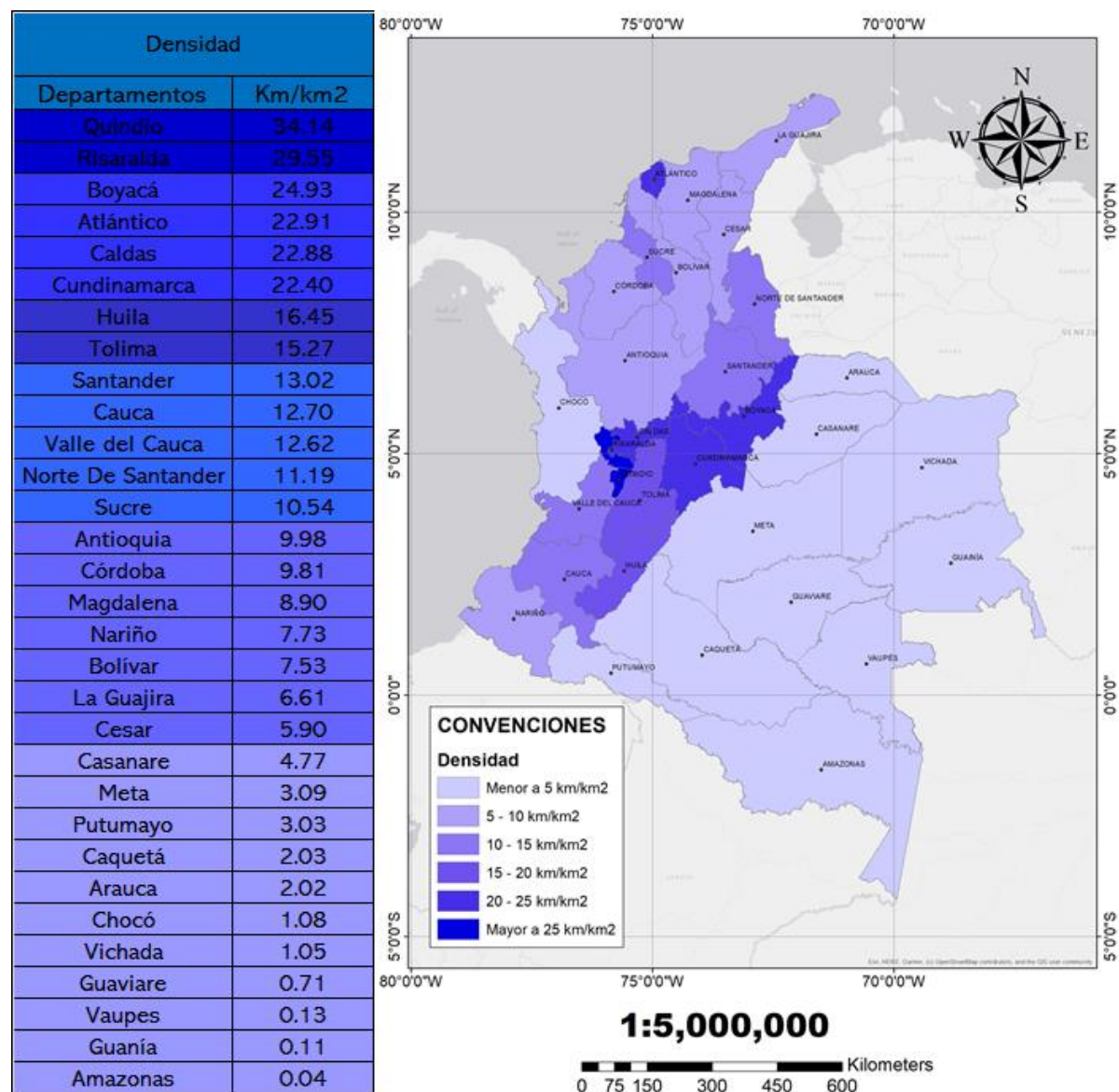


Ilustración 11 Mapa de Densidad. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el mapa, se destacan Quindío y Risaralda como departamentos con una extensión territorial reducida, pero con una densidad elevada de infraestructura vial. Igualmente tenemos a Boyacá, Cundinamarca, Caldas y Atlántico, que se pueden considerar departamentos con un índice de densidad alto, siendo el último el único departamento fuera de la zona céntrica y andina del país. Por otro lado, Tolima y Huila, que formaban parte de la antigua gran Tolima, muestran una densidad media alta, mientras que Santander, Cauca, Valle del Cauca, Norte de Santander y Sucre presentan una densidad vial media-baja.

Aunque el departamento de Antioquia estuvo próximo a superar la marca de 10 km/km², su extensión considerable lo coloca en la categoría de departamentos con un índice de densidad "bajo", acompañado mayormente por otros departamentos de la región caribe, como Córdoba, Magdalena, Bolívar, La Guajira y Cesar, así como Nariño, que forma parte de la región pacífica. Por otro lado, los departamentos con un índice de densidad "muy bajo" se localizan en las regiones de la Orinoquía y la Amazonia, con la excepción de Chocó, que pertenece a la zona pacífica, y que resalta por su puntaje inferior en comparación con los departamentos vecinos.

4.2.3 Indicador de distancia promedio

Los resultados de la distancia promedio desde cada capital departamental incluida en el estudio se presentan de forma cuantitativa en la tabla 15 y de manera cartográfica en la ilustración 12.

Tabla 15 Resultados de distancia promedio. Fuente: Elaboración propia.

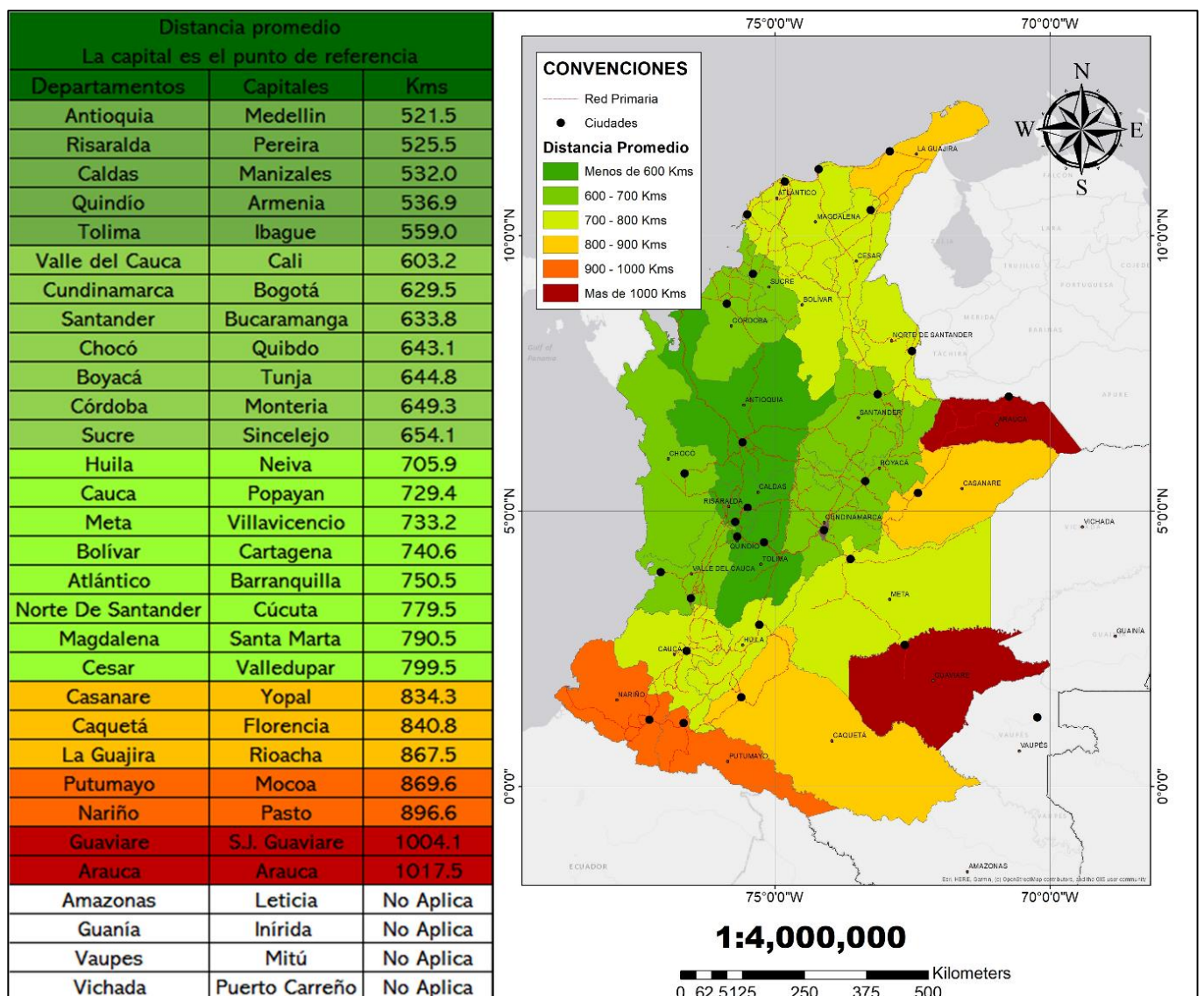


Ilustración 12 Mapa de distancia promedio. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar tanto el mapa como la tabla, se observa que la ciudad con la ubicación más favorable es Medellín. Esto implica que, aunque geográficamente se considere a Bogotá como el centro del país, Medellín puede ser contemplada como el centroide de la red de movimientos de mercancía en Colombia, debido a su ubicación que le brinda un fácil acceso tanto a los puertos del Caribe como del Pacífico, además de la mayoría de las plataformas logísticas, en comparación con el resto de las ciudades presentes en la investigación.

Considerando la hipótesis descrita en el párrafo anterior, se observa que las ciudades más cercanas al sur de Medellín, es decir, las que forman parte del eje cafetero (Armenia, Manizales y Pereira), junto con Ibagué, comparten un rango de distancia promedio de 500-600 kilómetros. De igual manera, las ciudades que se encuentran en el rango de 600-700 kilómetros presentan una conectividad relativamente buena con los puertos marítimos y los centros logísticos, destacando el departamento de Chocó, que, al ser evaluado únicamente con los puertos, tenía una desventaja considerable en comparación con sus departamentos vecinos, pero al incluir los centros logísticos, su valor se redujo, mejorando su posición en este indicador en comparación con los dos anteriores. Por otro lado, las ciudades ubicadas en el rango de 700-800 kilómetros son centros poblados con una distancia promedio significativa; sin embargo, su accesibilidad a esta área no es tan complicada en comparación con las que se encuentran en un rango superior. Es importante señalar que las tres ciudades con los puertos principales, a pesar de tener buena conectividad entre ellas, comparten distancias relativamente lejanas con los otros puertos y plataformas logísticas fuera de su región.

El análisis del mapa de distancia promedio proporciona una visión más detallada del funcionamiento de la red primaria del país. Se observa una mejor accesibilidad en el sentido Norte-Sur en comparación con el Este-Oeste. Esto se ve reflejado en los departamentos que tienen una distancia promedio superior los 1000 kilómetros, específicamente Arauca y Guaviare, ubicados principalmente hacia el oriente en términos de longitud. Por otro lado, las ciudades más extremas al norte, como Riohacha, y las más extremas al sur, como Pasto y Mocoa, presentan desventajas en relación a los demás departamentos considerados.

4.2.4 Indicador de factor de ruta.

4.2.4.1 Índice de factor de ruta: ciudades-puertos

Para realizar un análisis inicial, se determinó el factor de ruta desde las ciudades hacia los puertos. Los resultados de factor de ruta de cada capital departamental incluida en el estudio se presentan de manera cuantitativa en la tabla 16 y cartográficamente en la ilustración 13. Teniendo en cuenta que, para este indicador, los valores cercanos a 1 se relacionan con condiciones favorables de accesibilidad, y se representan con colores azul más claro, mientras que los departamentos con azul oscuro presentan condiciones menos favorables.

Tabla 16 Resultados de factor de ruta de ciudades a puertos. Fuente: Elaboración propia.

Factor de Ruta Ciudades-Puertos		
Departamentos	Capitales	Resultado
Chocó	Quibdó	1.83
Guaviare	S.J. Guaviare	1.65
Casanare	Yopal	1.62
Cesar	Valledupar	1.62
Huila	Neiva	1.62
Arauca	Arauca	1.61
Norte De Santander	Cúcuta	1.60
Meta	Villavicencio	1.59
Valle del Cauca	Cali	1.58
Cundinamarca	Bogotá	1.57
Tolima	Ibague	1.55
Quindío	Armenia	1.55
Caquetá	Florencia	1.54
Cauca	Popayan	1.54
Antioquia	Medellin	1.50
Caldas	Manizales	1.50
Putumayo	Mocoa	1.49
Boyacá	Tunja	1.49
Nariño	Pasto	1.48
Risaralda	Pereira	1.48
Córdoba	Montería	1.48
Sucre	Sincelejo	1.44
Atlántico	Barranquilla	1.44
Magdalena	Santa Marta	1.43
Bolívar	Cartagena	1.40
Santander	Bucaramanga	1.39
La Guajira	Rioacha	1.32
Amazonas	Leticia	No Aplica
Guanía	Inírida	No Aplica
Vaupes	Mitú	No Aplica
Vichada	Puerto Carreño	No Aplica

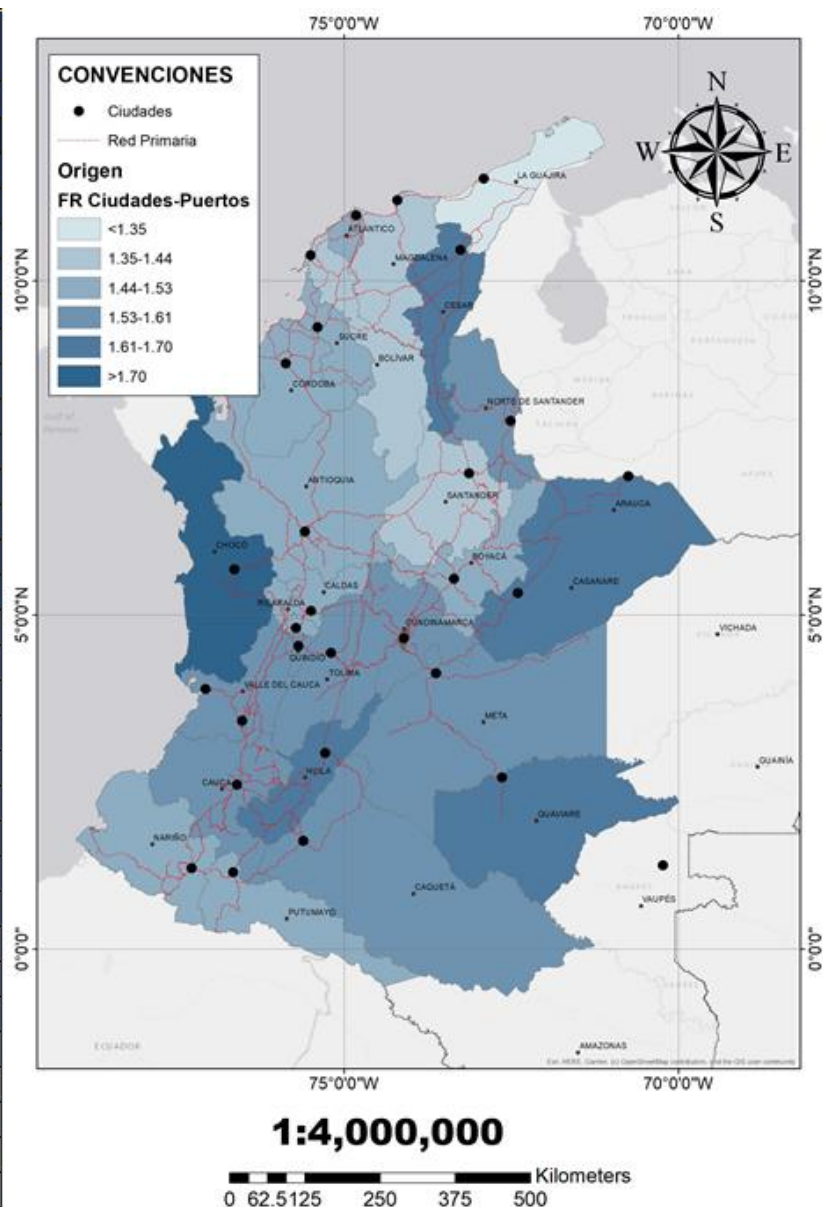


Ilustración 13 Mapa de factor de ruta de ciudades a puertos. Fuente: Elaboración propia.

En el mapa se aprecia que los departamentos con un indicador de factor de ruta más favorable hacia los puertos son precisamente aquellos que forman parte del corredor vial de la Ruta 90 o Transversal del Caribe. Esta ruta se encarga de conectar las tres ciudades más importantes de la costa atlántica: Cartagena, Barranquilla y Santa Marta, así como los departamentos de Sucre y La Guajira, siendo este último el mejor evaluado con este indicador. También se destaca la buena accesibilidad de Bucaramanga (Santander) hacia los puertos marítimos, lo que indica un avance significativo en comparación con estudios realizados anteriormente.

Continuando con la evaluación, se observa que los departamentos de Antioquia, Caldas, Putumayo, Nariño, Risaralda, Córdoba y Boyacá muestran un indicador de factor de ruta hacia los puertos positivo (menor a 1.5). Por otro lado, los departamentos de Norte de Santander, Meta, Valle del Cauca, Cundinamarca, Tolima, Quindío, Caquetá y Cauca, aunque se sitúan por debajo del nivel considerado como “una buena accesibilidad”, su situación no es tan preocupante. De las 27 ciudades evaluadas con respecto al indicador de factor de ruta hacia los puertos, 21 de ellas obtuvieron un valor por debajo de 1.6. Esto indica que, a pesar de los grandes avances en infraestructura vial en las últimas décadas, aún existen diversos lugares del país que presentan condiciones desfavorables de accesibilidad hacia los puertos marítimos, especialmente hacia las sociedades portuarias ubicadas en la costa del Pacífico (Buenaventura y Tumaco).

Los casos más destacados de lo mencionado antes son precisamente las ciudades cuyo índice de factor de ruta supera 1.6; por ejemplo, la ciudad de Neiva no cuenta con una conexión directa al puerto de Buenaventura; un camión de carga que salga de esta ciudad hacia dicho puerto debe rodear gran parte de la cordillera central para llegar hasta ahí. De manera similar, la ciudad de Cúcuta, una de las ciudades más pobladas y la más importante de las ciudades fronterizas, carece de un acceso eficiente a los puertos de Colombia. Los departamentos más distantes de la costa, como Guaviare, Casanare y Arauca, presentan niveles muy bajos de accesibilidad. Sin embargo, el caso más preocupante es el Quibdó y el departamento de Chocó, que, estando geográficamente ubicados en un punto intermedio entre los puertos del Pacífico y del Caribe, muestran niveles de accesibilidad demasiado bajos. Por lo que se requiere la construcción de corredores viales más eficientes en esta parte del país.

Comparando con los resultados obtenidos por García (2011), se observa una mejora en las condiciones de accesibilidad según el factor de ruta. En el estudio realizado en 2011, solo 6 ciudades presentaban resultados menores a 1.5, mientras que en esta investigación esa cifra ha aumentado a 13. Se destaca que la región del Caribe sigue mostrando los mejores resultados en cuanto al factor de ruta hacia los puertos marítimos. No obstante, se ha registrado una mejora en el factor de ruta de la ciudad de Bucaramanga, que pasó de 1.56 en el estudio de 2011 a 1.39 en esta investigación.

Además, se resalta que la ciudad de Arauca, a pesar de tener uno de los menores desempeños en el factor de ruta en esta investigación, muestra una mejora en comparación con 2011, al pasar de un factor de ruta de 2.11 a 1.61. Cabe mencionar que en el estudio de García se evaluó el puerto marítimo de Turbo, el cual no se consideró en esta investigación, por motivos de falta de información en movimientos de mercancía.

4.2.4.2 Índice de factor de ruta: ciudades-plataformas

Para continuar con el análisis más detallado, se realizó el cálculo de factor de ruta de las ciudades hacia las plataformas logísticas. Los resultados de factor de ruta de cada capital departamental incluida en el estudio se presentan de manera cuantitativa en la tabla 17 y cartográficamente en la ilustración 14.

Tabla 17 Resultados factor de ruta de ciudades a plataformas. Fuente: Elaboración propia.

Factor de Ruta Ciudades-Plataformas		
Departamentos	Capitales	Resultado
Chocó	Quibdó	1.72
Casanare	Yopal	1.66
Guaviare	S.J. del Guaviare	1.65
Huila	Neiva	1.63
Meta	Villavicencio	1.61
Arauca	Arauca	1.58
Norte De Santander	Cúcuta	1.54
Caqueta	Florencia	1.52
Caldas	Manizales	1.52
Cundinamarca	Bogotá	1.49
Tolima	Ibagué	1.48
Boyaca	Tunja	1.46
Cesar	Valledupar	1.45
Putumayo	Mocoa	1.45
Nariño	Pasto	1.45
Risaralda	Pereira	1.44
Cordoba	Montería	1.43
Antioquia	Medellín	1.41
Sucre	Sincelejo	1.40
Santander	Bucaramanga	1.40
Bolívar	Cartagena	1.40
Valle Del Cauca	Cali	1.40
Cauca	Popayán	1.38
Quindío	Armenia	1.37
Magdalena	Santa Marta	1.36
Atlántico	Barranquilla	1.32
La Guajira	Riohacha	1.26
Amazonas	Leticia	No Aplica
Guanía	Inírida	No Aplica
Vaupés	Mitú	No Aplica
Vichada	Puerto Carreño	No Aplica

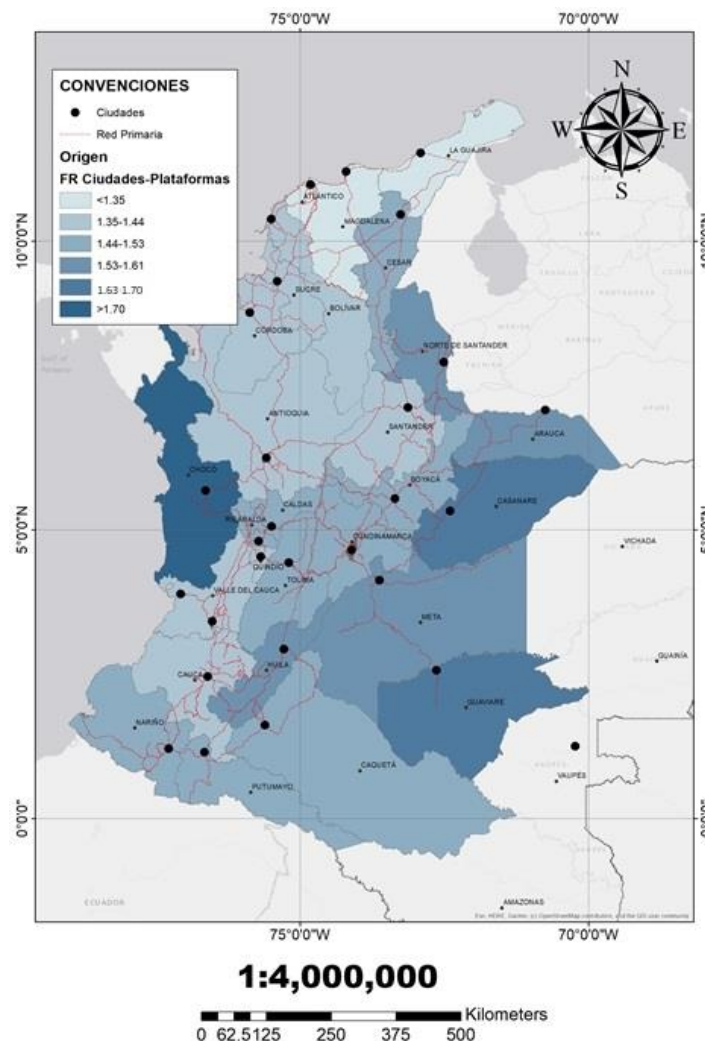


Ilustración 14 Mapa de factor de ruta de ciudades a plataformas. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, de 23 de las 27 ciudades incluidas en este estudio, presentan un valor de factor de ruta más favorables (cerca de 1) hacia las plataformas logísticas comparado hacia los puertos marítimos, lo que indica que las condiciones de accesibilidad son mayores hacia las plataformas logísticas que hacia los puertos. Del mismo modo, no existe una diferencia significativa entre los valores de factor de ruta de las ciudades con mejores condiciones de accesibilidad hacia los puertos que hacia las plataformas logísticas.

Realizando un análisis más detallado, se destaca que Riohacha y Barranquilla continúan siendo líderes en accesibilidad, por el contrario, Quibdó, a pesar de mejorar su posición con respecto a los puertos, sigue ocupando el puesto más bajo en el ranking. Por otro lado, se observa que las ciudades de Armenia, Cali, Popayán y Valledupar experimentan el aumento más significativo en su accesibilidad. Las tres primeras están ubicadas en un mismo corredor vial,

lo que implica una diferencia notable en esta zona (Cauca, Valle y Quindío) entre la accesibilidad a las plataformas y a los puertos. En el caso de Valledupar, la mala eficiencia de la red hacia las ciudades costeras podría justificar este resultado, a diferencia de la zona andina, donde se ubican la mayoría de los centros logísticos de Colombia.

A partir de los resultados obtenidos por medio de este indicador, se puede observar que es más probable que un núcleo urbano esté más cerca de una plataforma logística que de un puerto marítimos, esto debido a la existencia de más zonas logísticas en diferentes regiones del país, por lo tanto, es importante aprovechar los centros logísticos y generar herramientas y planes que permitan elevar su productividad al máximo, y así servir como base para el aumento de la competitividad en diferentes regiones del país.

4.2.4.3. Índice de factor de ruta: plataformas-puertos

Continuando con los resultados, se realizó el cálculo de factor de ruta de los centros logísticos hacia los puertos. Los resultados se presentan de manera cuantitativa en la tabla 18 y cartográficamente en la ilustración 15.

Tabla 18 Resultados de factor de ruta de plataformas a puertos. Fuente: Elaboración propia.

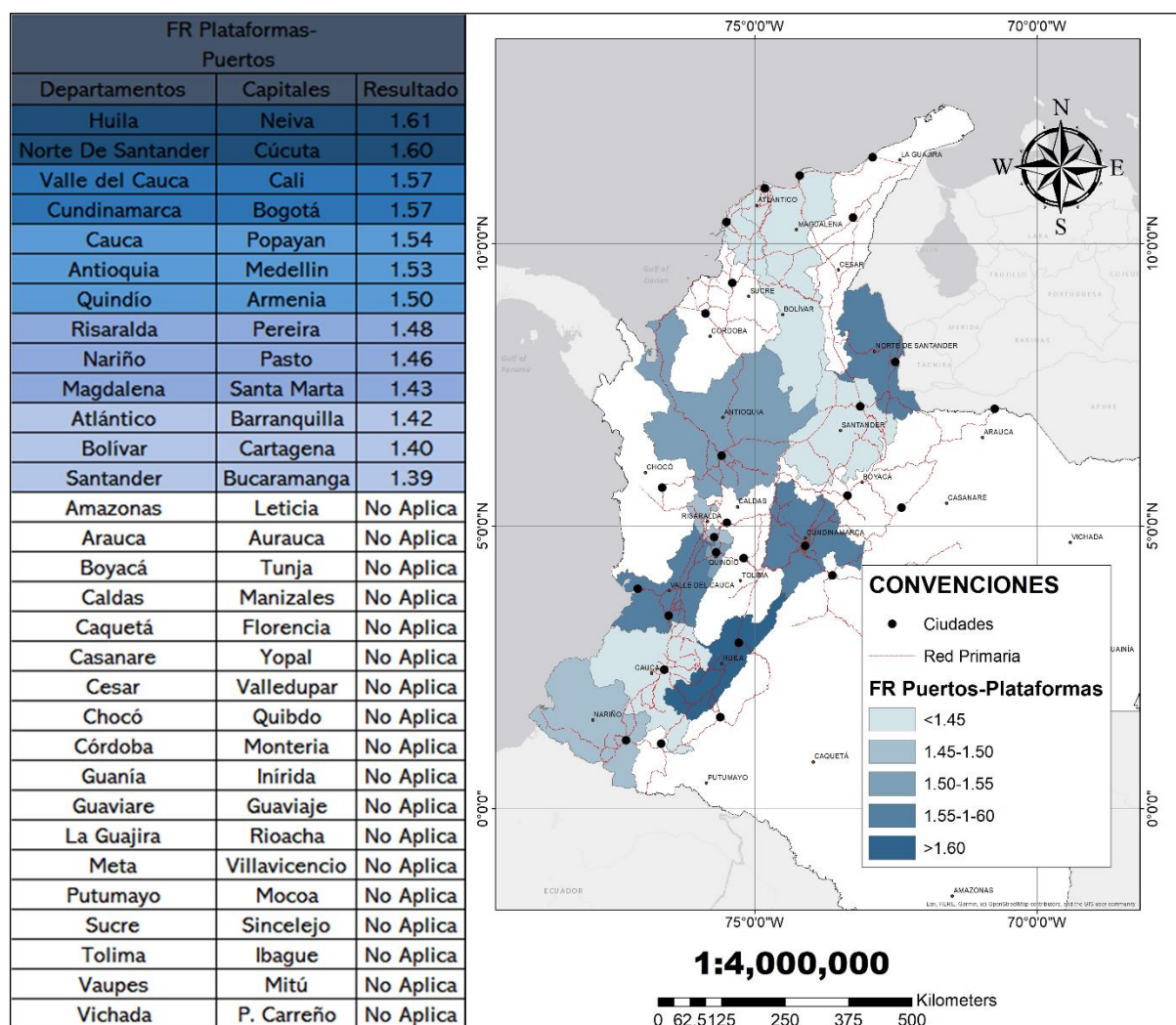


Ilustración 15 Mapa de factor de ruta de plataformas a puertos. Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se observa que los niveles de accesibilidad entre las plataformas y los puertos marítimos son favorables de acuerdo con el indicador del factor de ruta, lo cual es significativo dado su papel fundamental en la cadena de suministro y el movimiento de mercancías en el país. Sin embargo, el indicador de factor de ruta para las plataformas ubicadas en el triángulo de oro (Bogotá y Cundinamarca, Medellín y Antioquia, y Cali y Valle del Cauca) supera el umbral de 1.5. Esto representa un aspecto negativo, considerando la relevancia económica y demográfica de estas tres regiones.

De manera similar, las plataformas en Neiva y Cúcuta muestran los niveles más bajos de accesibilidad, lo que podría disminuir su atractivo para las empresas logísticas y afectar su competitividad en el mercado. Aunque las plataformas en Popayán y Armenia no presentan niveles de accesibilidad alarmantes, tienen un factor de ruta inferior a 1.5, lo que refleja dificultades en el acceso a los puertos del Pacífico, que son los más cercanos a estos nodos.

Por otro lado, se destacan los niveles de accesibilidad de las plataformas en Bucaramanga, Barranquilla y Cartagena, que presentan un factor de ruta positivo. Pereira, Pasto y Santa Marta, aunque no tienen el indicador de factor de ruta más bajo, también presentan niveles positivos.

Considerando que una parte considerable de la mercancía que ingresa por los puertos se dirige directamente a zonas francas y que ambos puntos juegan un papel crucial en la cadena de suministro del país, es pertinente contemplar futuros proyectos viales que reduzcan el valor del factor de ruta entre los puertos y las plataformas logísticas. Esto ayudaría a impulsar la competitividad, la eficiencia y el desarrollo económico de Colombia.

4.2.4.4. Índice de factor de ruta general

El último cálculo que realizó de factor de ruta fue el general, es decir, el factor de ruta de cada ciudad hacia los puertos y las plataformas logísticas determinadas en el estudio. Los resultados se presentan de manera cuantitativa en la tabla 19 y cartográficamente en la ilustración 16.

Los resultados muestran que Quibdó presenta el peor desempeño en cuanto al factor de ruta, indicando deficiencias en sus redes de acceso tanto hacia las plataformas logísticas como hacia los puertos. De igual manera, se destaca que las ciudades ubicadas en las regiones de la Orinoquia y la Amazonia tienen un factor de ruta superior a 1.5, señalando la necesidad de mejorar los corredores viales en estas áreas para optimizar la distribución de mercancías y mejorar este valor en un futuro.

Por otro lado, las ciudades situadas en la zona norte, como Riohacha, Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga, muestran los mejores resultados en cuanto al factor de ruta, lo que refleja los avances en infraestructura en esta parte del país. Sin embargo, aún existen ciudades que no alcanzan valores adecuados, como es el caso de Cúcuta. En términos generales, la región andina destaca por tener niveles aceptables de accesibilidad. No obstante, esta el caso de Neiva, que presentan un factor de ruta de 1.61, reflejando bajas condiciones de

accesibilidad comparando con el resto de ciudades de la región andina, parte de esto es debido a la falta de un acceso directo de esta ciudad hacia la zona pacífica del país.

Tabla 19 Resultados de Factor de ruta general. Fuente: Elaboración propia.

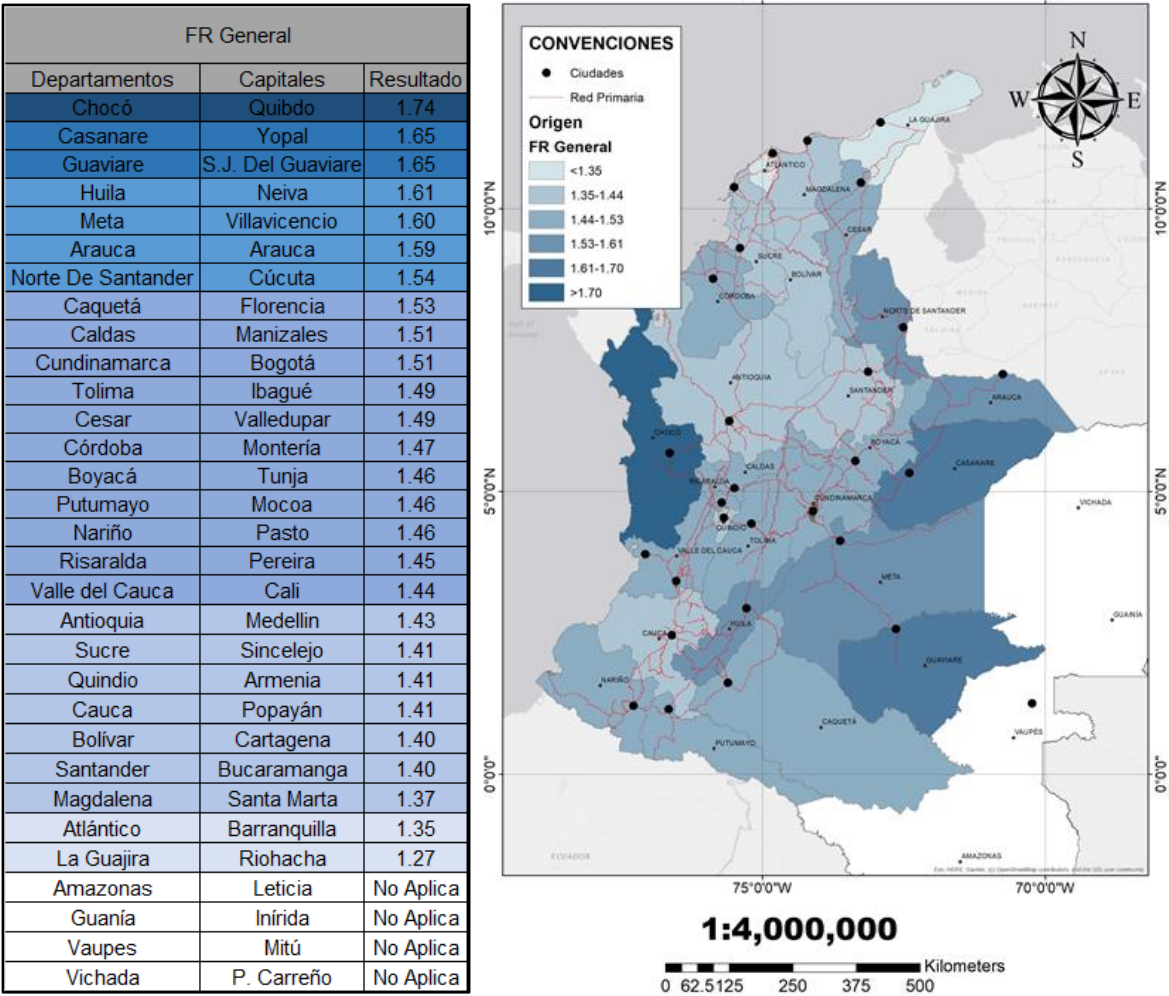


Ilustración 16 Mapa factor de ruta general. Fuente: Elaboración propia.

Comparando con los resultados de Gonzales y Montealegre (2011), se observa que Colombia ha mejorado sus condiciones de accesibilidad según el factor de ruta. En general, un mayor número de ciudades ahora presenta un indicador menor a 1.5, lo que refleja un avance significativo en la conectividad vial y una optimización en el acceso a los puertos marítimos y plataformas logísticas. El incremento en la cantidad de ciudades con indicadores favorables sugiere que las inversiones en infraestructura y las políticas implementadas han tenido un impacto positivo en la eficiencia de la red vial nacional del país.

4.2.5 Indicador de accesibilidad potencial

4.2.5.1 Accesibilidad potencial: ciudades-puertos

Los resultados de la accesibilidad potencial desde las ciudades hacia los puertos se presentan de manera cuantitativa en la tabla 20 y cartográficamente en la ilustración 17. Cabe destacar que los datos obtenidos en este indicador son el número de oportunidades acumuladas entre la interacción de ciudades y puertos.

Tabla 20 Resultados Accesibilidad Potencial de Ciudades a Puertos. Fuente: Elaboración propia.

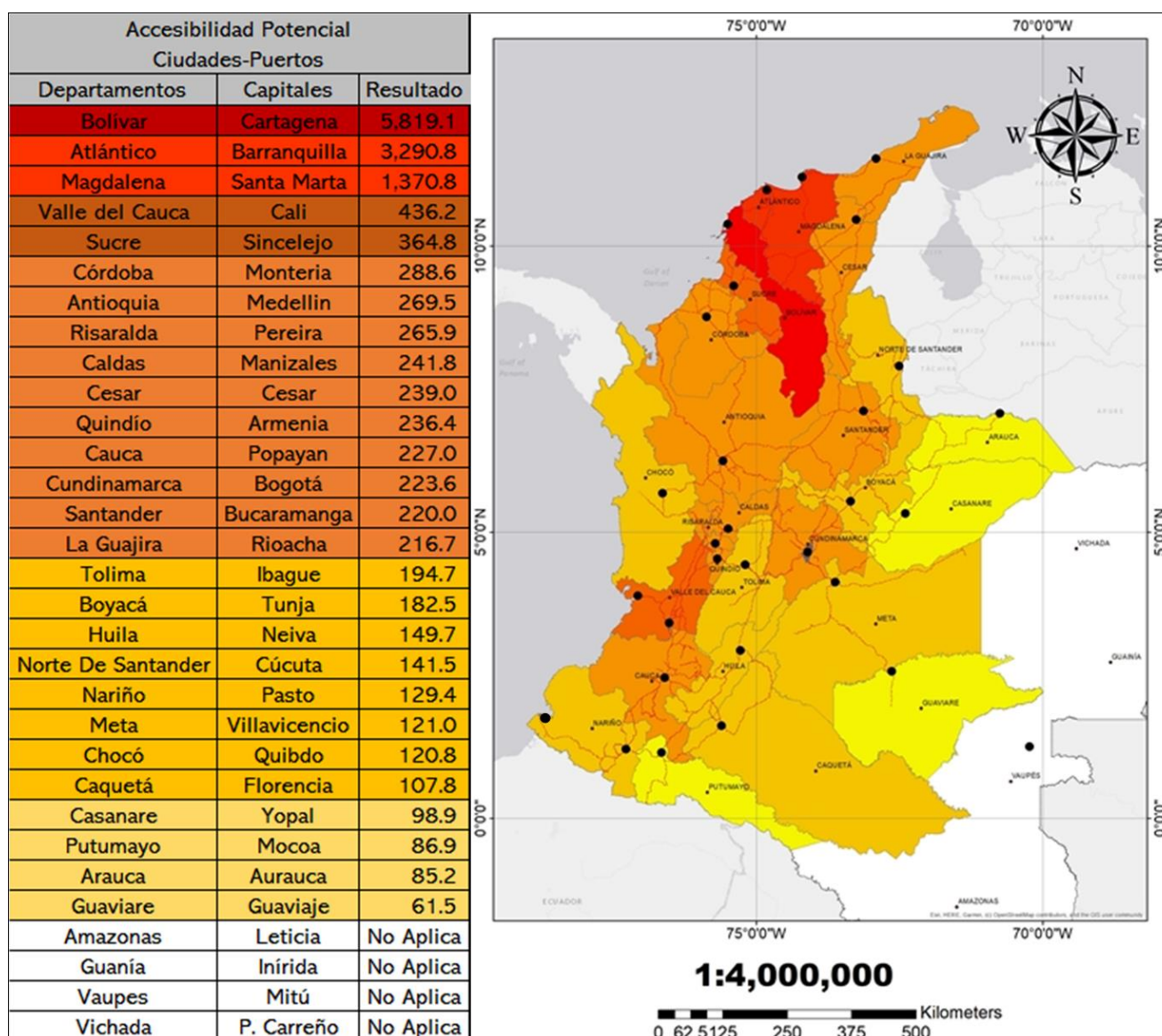


Ilustración 17 Mapa accesibilidad potencial de Ciudades a Puertos. Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis del mapa, se destaca que los departamentos que albergan alguna de las sociedades portuarias lideran el ranking de accesibilidad potencial de las ciudades a los puertos, con la excepción de Nariño. Específicamente, el departamento de Bolívar y, en particular, la ciudad de Cartagena, obtienen el puntaje más alto en este aspecto. Este resultado es coherente dado que Cartagena es el puerto más importante en términos de exportaciones para Colombia y el que maneja la mayor cantidad de toneladas de mercancía anualmente. Por otro lado, Cartagena muestra una ventaja significativa sobre el Valle del Cauca, a pesar de que este último alberga a Buenaventura, la segunda sociedad portuaria con mayor movimiento de mercancías en el país.

Los departamentos que se encuentran en la Costa Atlántica muestran los niveles más altos de accesibilidad potencial, con la excepción de La Guajira, que, a pesar de tener un excelente factor de ruta y estar cerca de los puertos, presenta una potencialidad regular. Por otro lado, los departamentos de la zona andina ubicados en el rango de 200-300 tienen una accesibilidad potencial considerablemente buena, como es el caso Santander, Antioquia, Cundinamarca y el Eje Cafetero, mientras que para los departamentos que se encuentran en el rango de 100-200, es decir, Tolima, Boyacá, Huila y Norte de Santander, se puede considerar que tienen una accesibilidad potencial regular. De manera visual, se destaca que el acceso y cercanía a la costa caribe tiene cierta influencia en los valores de accesibilidad potencial.

los departamentos más distantes, como Arauca, Putumayo, Guaviare y Casanare, muestran los peores niveles de accesibilidad potencial, ubicándose en el rango por debajo de 100. Del mismo modo, departamentos con bajos niveles de accesibilidad como Chocó, Caquetá, Meta e incluso Nariño, aunque se sitúan en niveles superiores a 100, ocupan las posiciones más bajas dentro del rango de 100 a 200, esto refleja que no tener una buena accesibilidad hacia los puertos o hacia las plataformas es una desventaja que no permite potencializar algunos departamentos como se esperaría a pesar de tener una población considerable u otros privilegios como una sociedad portuaria en el caso de Nariño.

4.2.5.2 Accesibilidad potencial: ciudades-plataformas

Los resultados de la accesibilidad potencial desde las ciudades hacia las plataformas se presentan de manera cuantitativa en la tabla 21 y cartográficamente en la ilustración 18. Cabe destacar que los datos obtenidos en este indicador son el número de oportunidades acumuladas entre la interacción de ciudades y plataformas.

Tabla 21 Resultados Accesibilidad Potencial de Ciudades a Plataformas logísticas. Fuente: Elaboración propia.

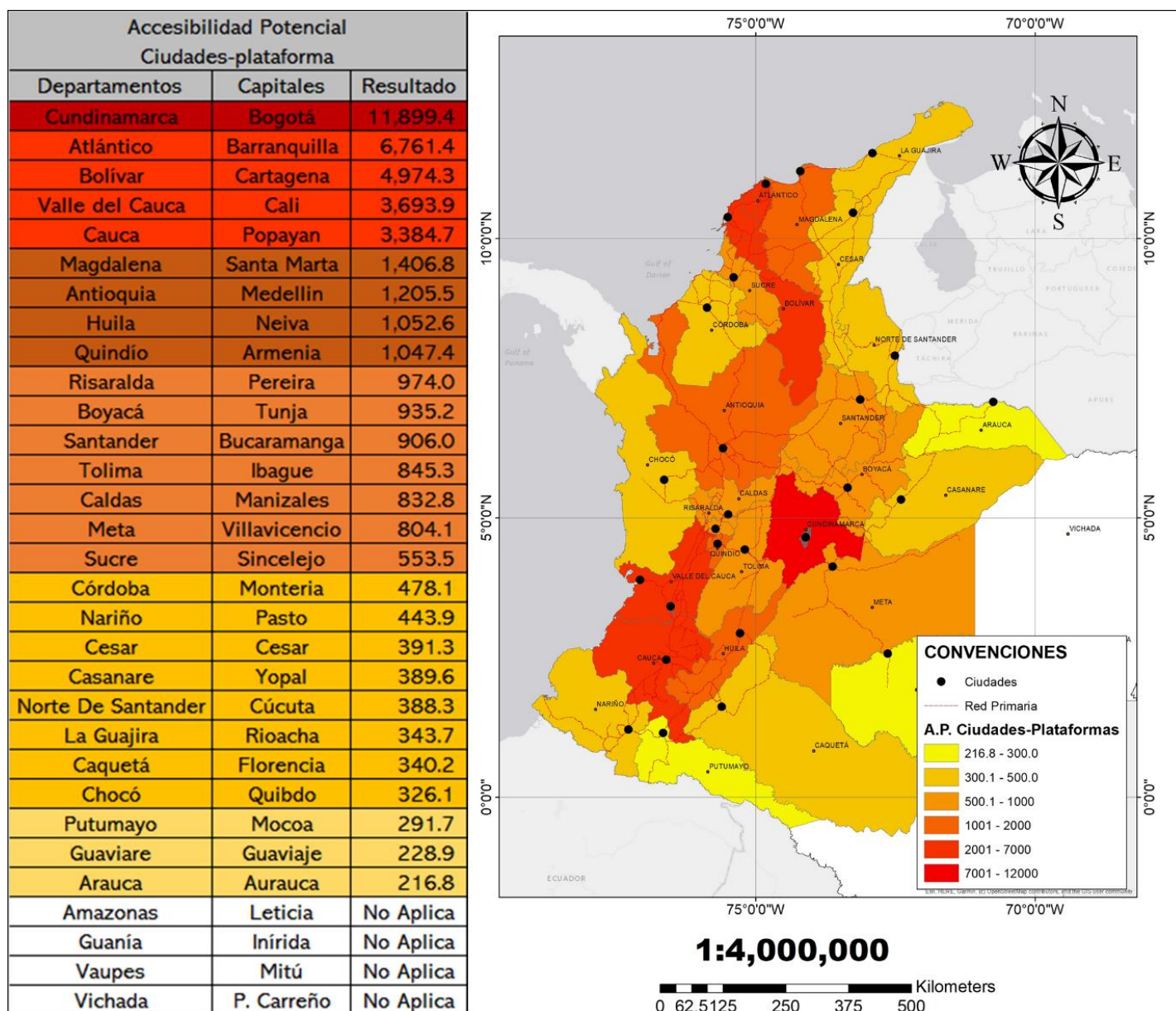


Ilustración 18 Mapa Accesibilidad Potencial de Ciudades a plataformas logísticas. Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de la accesibilidad potencial hacia los puertos, es Cundinamarca, precisamente Bogotá, quien tiene por lejos, la mejor accesibilidad potencial, esto puede deberse en primera instancia a su atractivo como capital y ciudad más importante de Colombia, como en infraestructura, además de su ubicación estratégica hacia las plataformas logísticas. En el rango de 2000 a 7000 encontramos los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Atlántico y Bolívar, lo que se refleja en una accesibilidad potencial positiva, teniendo en cuenta que en tres de los casos sus respectivas capitales son centros poblados de más de un millón de habitantes, además de ser departamentos que poseen tanto plataformas logísticas como zonas portuarias, en el caso del Valle del Cauca se destaca por contar con tres zonas logísticas (Buga, Cali y Buenaventura), lo que le da suma una ventaja en accesibilidad potencial. De igual manera se destacan las

plataformas del departamento de Cauca, que si bien, su fuerte no es el factor poblacional, sus plataformas tienen un impacto positivo no sólo para el desarrollo del Cauca, si no de departamentos vecinos como el Valle.

En el rango de 1000 a 2000, que se considera una accesibilidad potencial media alta, se encuentran los departamentos de Magdalena, Antioquia, Quindío y Huila, cuyas capitales tienen un buen desarrollo, además de que poseen plataformas logísticas y en el caso de Magdalena una zona portuaria, en este grupo se hace hincapié en Medellín, que, en comparación a Bogotá y Cali, es la ciudad del triángulo de oro con peor accesibilidad potencial. En cuanto al rango de 500-1000, se encuentran los departamentos de Risaralda, Boyacá, Santander, Tolima, Caldas, Meta y Sucre, que se considera que tienen una accesibilidad potencial media baja, siendo un resultado esperado al ser en su mayoría departamentos que no poseen centros logísticos incluidos en el estudio, a excepción de Risaralda, que gracias a su centro logístico estuvo cerca de superar el rango de 1000. Es probable de tener datos de movimiento de mercancía de los departamentos de Tolima y Caldas, exista aumento en su accesibilidad potencial.

En el nivel de accesibilidad potencial bajo de 300 a 500, se identifican los departamentos como Nariño, donde, a pesar de contar con una plataforma logística en proximidad a la frontera con Ecuador, esta no ejerce una influencia determinante en su potencialidad al no tener una zona franca de alto impacto; un caso similar pasa con Norte de Santander, que también cuenta con un centro logístico incluido en la investigación. Asimismo, se ubican los departamentos de Cesar, Florencia, Caquetá, La Guajira, Chocó y Casanare, los cuales carecen de plataformas logísticas y mayormente presentan cabeceras departamentales con baja accesibilidad. En el rango más bajo, inferior a 300, se sitúan nuevamente los departamentos con más dificultades de accesibilidad hacia las diferentes regiones del país: Arauca, Putumayo y Guaviare.

4.2.5.3 Accesibilidad potencial: plataformas-puertos

Los resultados de la accesibilidad potencial desde las plataformas hacia los puertos se presentan de manera cuantitativa en la tabla 22 y cartográficamente en la ilustración 19. Cabe destacar que los datos obtenidos en este indicador son el número de oportunidades acumuladas entre la interacción de plataformas logísticas y puertos marítimos.

Con este indicador es posible determinar el nivel de accesibilidad potencial que existe desde las plataformas hacia los puertos marítimos. En primera instancia vemos que los niveles de accesibilidad potencial son más bajos que en el resto de las evaluaciones en accesibilidad potencial, esto es debido al que se tienen en cuenta menos nodos. En este caso los centros logísticos ubicados en la costa caribe, Bolívar, Atlántico son los que mayor rango de accesibilidad potencial tienen, esto es debido a la cantidad de mercancía que se moviliza desde y hacia esta parte del país. Bogotá a pesar del gran peso de las plataformas, sus distancias no le permiten competir en accesibilidad potencial con la costa, quedando incluso por debajo de Magdalena que es de los tres puertos de la costa caribe, el que menor movimiento de mercancía posee.

Tabla 22 Resultados accesibilidad potencial de las plataformas hacia los puertos. Fuente: Elaboración propia.

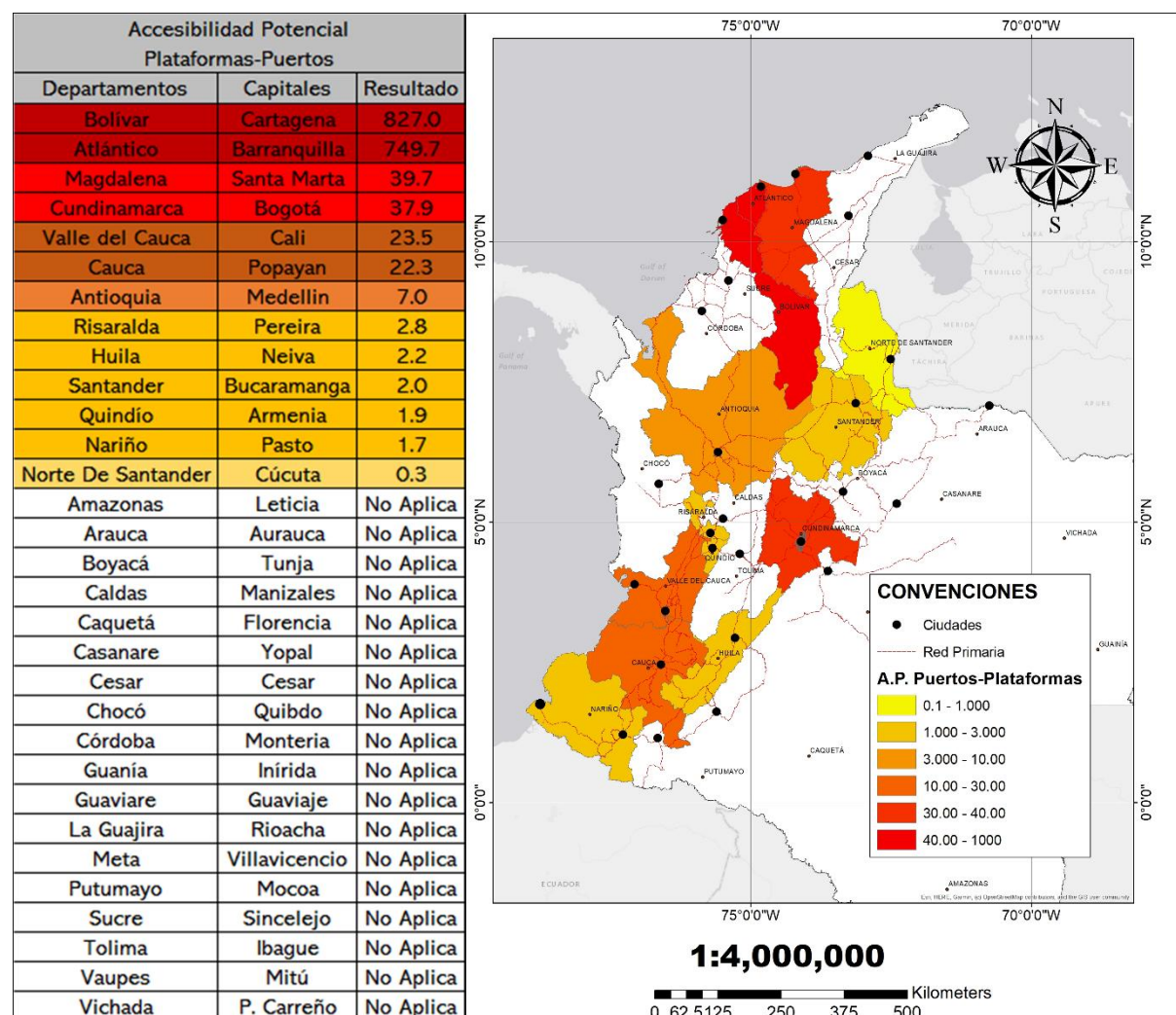


Ilustración 19 Mapa accesibilidad potencial de las plataformas hacia los puertos. Fuente: Elaboración propia.

El Valle del Cauca, a pesar de contar con tres nodos logísticos y un puerto, comparte un nivel similar al del Cauca, por lo que se analiza la influencia que tiene factor distancia y accesibilidad para alcanzar una buena accesibilidad potencial. Por otra parte, tanto Antioquia que resalta un poco gracias a su peso poblacional, como el resto de los departamentos incluidos (Risaralda, Huila, Santander, Quindío, Nariño y Norte de Santander), tienen niveles bajos, aunque similares entre todos. Lo que resalta la ventaja que tiene la costa caribe en términos de accesibilidad potencial.

De igual manera, las plataformas logísticas más cercanas a fronteras internacionales, es decir, Norte de Santander y Nariño, presentan los niveles más bajos de accesibilidad potencial, en el caso de este último es importante resaltar que, si bien el departamento cuenta con el puerto de Tumaco, este al no tener una importancia significativa en el movimiento de mercancía en comparación a Buenaventura y/o Cartagena, deja atrás a Nariño en accesibilidad potencial.

4.2.5.4 Accesibilidad potencial general

Los resultados de la accesibilidad potencial desde las plataformas hacia los puertos se presentan de manera cuantitativa en la tabla 23 y cartográficamente en la ilustración 20. Cabe destacar que los datos obtenidos en este indicador son el número de oportunidades acumuladas entre la interacción de Ciudades con las plataformas logísticas y puertos marítimos.

Tabla 23 Resultados accesibilidad potencial general. Fuente: Elaboración propia.

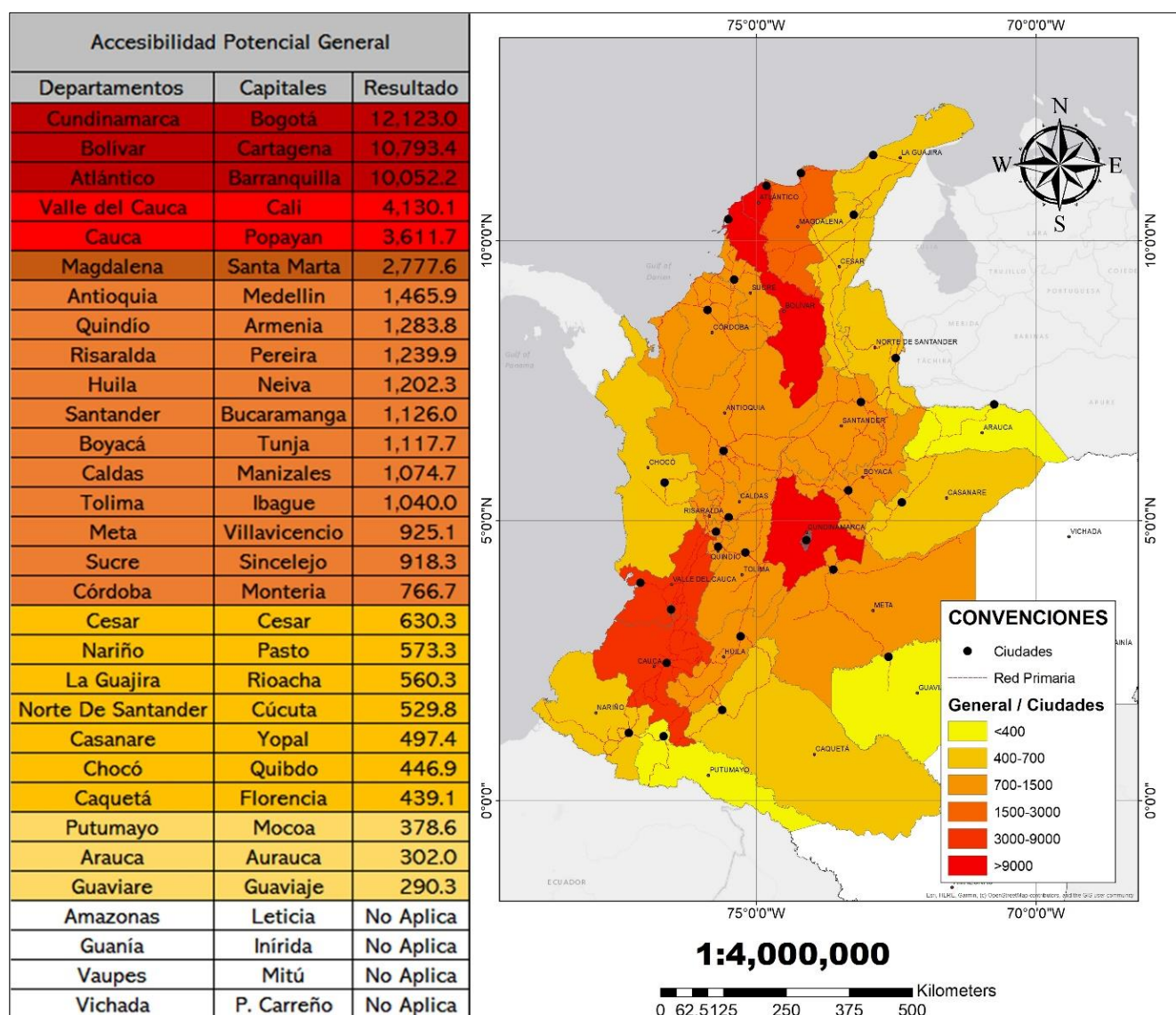


Ilustración 20 Mapa accesibilidad potencial general. Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos, se evidencia que el departamento con mayor accesibilidad potencial es Cundinamarca. Este liderazgo se fundamenta en sus notables flujos de mercancías en las zonas francas, su influencia demográfica significativa, y su posición geográfica estratégica. Seguidamente, se encuentran Bolívar y Atlántico, que logran una buena accesibilidad potencial debido a la presencia de puertos de gran relevancia nacional, así como zonas logísticas bien establecidas y una mejora en los niveles de accesibilidad según los

resultados obtenidos en esta investigación, en comparación a los obtenidos por (Gonzales & Montealegre, 2015). Por otro lado, el Valle del Cauca sobresalen en este indicador al disponer de centros logísticos distribuidos en municipios distintos (Buenaventura, Cali y Buga), poseer una población considerable y contar con el principal puerto del Pacífico colombiano. Cauca también sobresale al tener centros logísticos de gran importancia, y al verse favorecido de su cercanía al departamento del Valle. No obstante, ambos departamentos enfrentan desafíos en términos de conexiones efectivas con algunas regiones del país, como el Huila y los llanos orientales.

El departamento de Magdalena, al presentar similitudes con Bolívar y Atlántico, tiene un rendimiento ligeramente inferior en este indicador en comparación con los otros dos mencionados. Esta disparidad se atribuye al hecho de que tanto su puerto como sus áreas logísticas aún no han alcanzado el mismo nivel de relevancia e influencia que los de los otros dos departamentos. En el caso del departamento de Antioquia, a pesar de disponer de dos zonas logísticas y ser el segundo departamento con mayor población en el país, su desempeño se sitúa considerablemente por debajo de departamentos con poblaciones similares como el Valle del Cauca y Cundinamarca (incluyendo Bogotá). Esto se debe a que, a pesar de contar con una conexión adecuada tanto con puertos como con centros logísticos (según el indicador de distancia promedio), aún requiere la consolidación de proyectos logísticos que posibiliten su potencialización.

En términos generales, aparte de los ya mencionados, se evidencia que los departamentos situados en la región Andina, como Santander, Tolima, Huila, Boyacá, así como el eje cafetero, junto con Sucre y Córdoba de la región Caribe, y Meta de la región Orinoquia, presentan un nivel aceptable de accesibilidad potencial. Por lo tanto, se vislumbra la posibilidad de fortalecer aún más los centros logísticos ubicados en estos departamentos y desarrollar proyectos logísticos en aquellos que aún carecen de zonas francas de gran relevancia.

Finalmente, se observa que los departamentos con los niveles más bajos de accesibilidad corresponden a aquellos situados en zonas fronterizas, como Putumayo, La Guajira, Arauca, y, de manera aún más llamativa, Cúcuta y Nariño. Estos últimos, a pesar de poseer un notable valor poblacional y contar con plataformas logísticas, e incluso un puerto en el caso de Nariño, presentan un desempeño bastante bajo en términos de accesibilidad potencial. Si bien las distancias juegan un papel crucial en este indicador, la potencialización de las áreas logísticas en estos departamentos podría encaminarlos a mejorar su nivel de accesibilidad potencial. De igual manera, se observa que los departamentos con mayores problemas de accesibilidad, más alejados y/o con poco peso poblacional como Choco, Casanare, Caquetá y Guaviare, también presentan niveles bajos de accesibilidad potencial.

4.3 Análisis exploratorio de datos espaciales

4.3.1 Estadística descriptiva

4.3.1.1 Medidas de tendencia central

Las medidas calculadas se evidencian en la tabla 24, donde obtenemos los datos de media (promedio), mediana, desviación estándar y coeficiente de variación para cada uno de los indicadores y escenarios obtenidos en la fase anterior.

Indicador	Alcance	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Coef. % Variación
Presencia/Ausencia	General	6,324.50	5,956.35	5,281.98	0.84
Densidad	General	10.42	8.90	9.30	0.89
Distancia Promedio	General	718.57	705.83	141.64	0.20
Factor de Ruta	Ciudades-Puertos	1.53	1.54	0.10	0.07
	Ciudades-Plataforma	1.47	1.45	0.11	0.07
	Plataformas-Puertos	1.49	1.48	0.08	0.05
	General	1.48	1.46	0.10	0.07
Accesibilidad Potencial	Ciudades-Puertos	562.59	219.98	1226.98	2.18
	Ciudades-Plataforma	1,653.32	854.79	2,584.38	1.56
	Plataformas-Puertos	3,434.58	928.98	4,876.05	1.42
	General	2,215.90	1,053.95	3,264.05	1.47

Tabla 24 Medidas de tendencia central. Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la tabla se pueden analizar diferentes situaciones; se observa que en los indicadores de presencia/ausencia y densidad de vías existe un coeficiente de variación mayor al 80%, lo que quiere decir que la distribución de datos es moderadamente alta: en el caso de presencia/ausencia se obtuvo una media de 6324.5 kilómetros y una mediana de 5956.35 kilómetros, sin embargo, departamentos como Cundinamarca, Boyacá y Antioquia triplican esta cifra, y por el contrario los departamentos de Vaupés, Amazonia y Guaviare tienen un indicador de presencia/ausencia de hasta 37 veces menor a la media y/o la mediana.

El indicador de distancia promedio presenta un coeficiente de variación de 20%, lo que se traduce en que una escasa distribución de datos, lo que se justifica teniendo en cuenta que el rango de este indicador varía entre los 515 kilómetros correspondientes a Medellín, y los 1012 kilómetros correspondientes al municipio de San José de Guaviare. De igual manera, se observa una diferencia poco significativa entre la media y la mediana lo que quiere decir que hay una distribución de datos uniformes.

En el caso de los indicadores de factor de ruta y accesibilidad potencial, se puede hacer un análisis mucho más interesante; La media y mediana con menor valor en factor de ruta son las obtenidas de la interacción entre ciudades y plataformas, mientras que los valores más altos y con un diferencia algo significativa del factor de ruta general, son los datos obtenidos de la

interacción entre ciudades y puertos, lo que refleja la diferencia de accesibilidad hacia los puertos, en comparación a las zonas céntricas del país. En cuanto a la accesibilidad potencial, se observa la influencia significativa de las plataformas logísticas, lo que refleja la importancia y necesidad de tener centros logísticos en el país que permitan potencializar el movimiento de mercancías a las diferentes regiones.

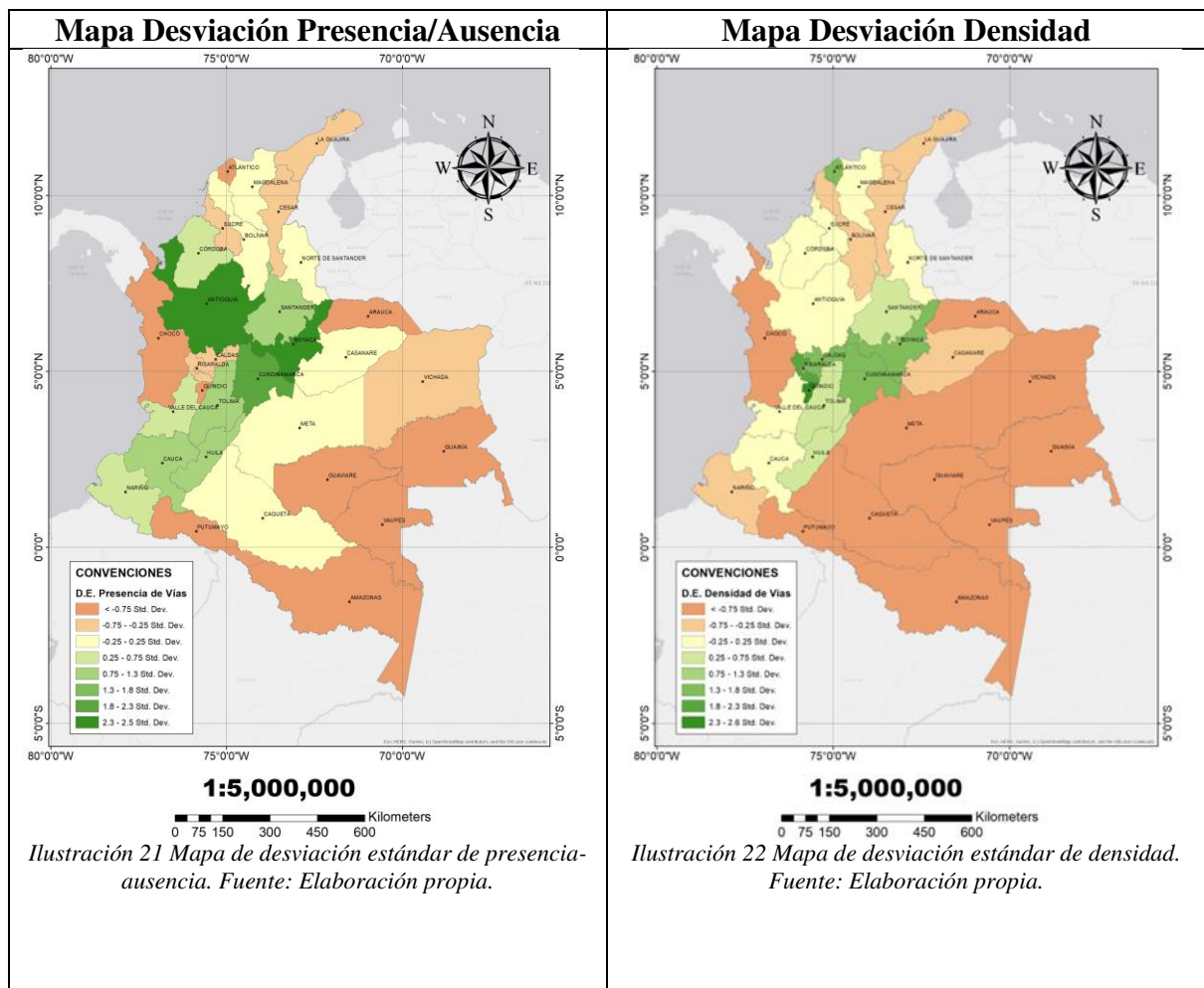
Al examinar el coeficiente de variación en la accesibilidad potencial, se evidencia que este indicador contiene valores significativamente más elevados en comparación con otros. Esto se atribuye a la disparidad de magnitudes de los datos analizados, donde la actividad de puertos y centros logísticos variaba considerablemente. El coeficiente de variación más alto se registra especialmente en la accesibilidad potencial de ciudades a puerto, con un valor de 2.18. Esto refleja una marcada diferencia en los volúmenes de mercancía movida entre puertos como Cartagena y Buenaventura, en contraste con Tumaco, cuyos movimientos son considerablemente menores.

4.3.1.2 Mapas de desviación estándar

Las Ilustraciones 21 y 22 presentan los mapas de desviación estándar de presencia-ausencia de vías y de densidad, respectivamente. En ambos mapas, los departamentos coloreados en rosa o naranja indican valores significativamente inferiores a la media, los de color amarillo representan valores cercanos a la media, mientras que los departamentos en verde indican valores superiores a la media. Se observa que la mayoría de los datos se sitúan por debajo de la media en ambos casos, siendo esta disparidad más pronunciada en el mapa de densidades.

En el mapa de presencia-ausencia, se observa una distinción clara en la distribución de vías, con Antioquia, Boyacá y Cundinamarca destacándose en un tono verde oscuro, lo cual indica una notable densidad de vías en comparación con el resto del país. En contraste, los departamentos de la Amazonía colombiana, como Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Putumayo, además de Arauca en la región Orinoquia, Chocó en la región Pacífica, y aquellos con una extensión territorial limitada, Atlántico y Quindío, muestran un tono rojo oscuro, indicando que se encuentran significativamente por debajo del promedio nacional en cuanto a la cantidad de corredores viales.

En el mapa de densidad vial, se observan variaciones significativas en la distribución. Los departamentos coloreados en verde oscuro, tales como Quindío, Manizales, Pereira en el eje cafetero, así como Cundinamarca y Boyacá en la zona central, y Atlántico en la región atlántica, logran una densidad vial notablemente superior al promedio nacional. En contraste, la mayoría de los departamentos ubicados en las regiones Orinoquia y Amazonia de Colombia, junto con Chocó, muestran una densidad vial considerablemente más baja en comparación con el promedio nacional. Esta disparidad podría atribuirse a la baja densidad poblacional en dichas regiones, así como a la presencia significativa de áreas protegidas que limitan el desarrollo de infraestructura vial.

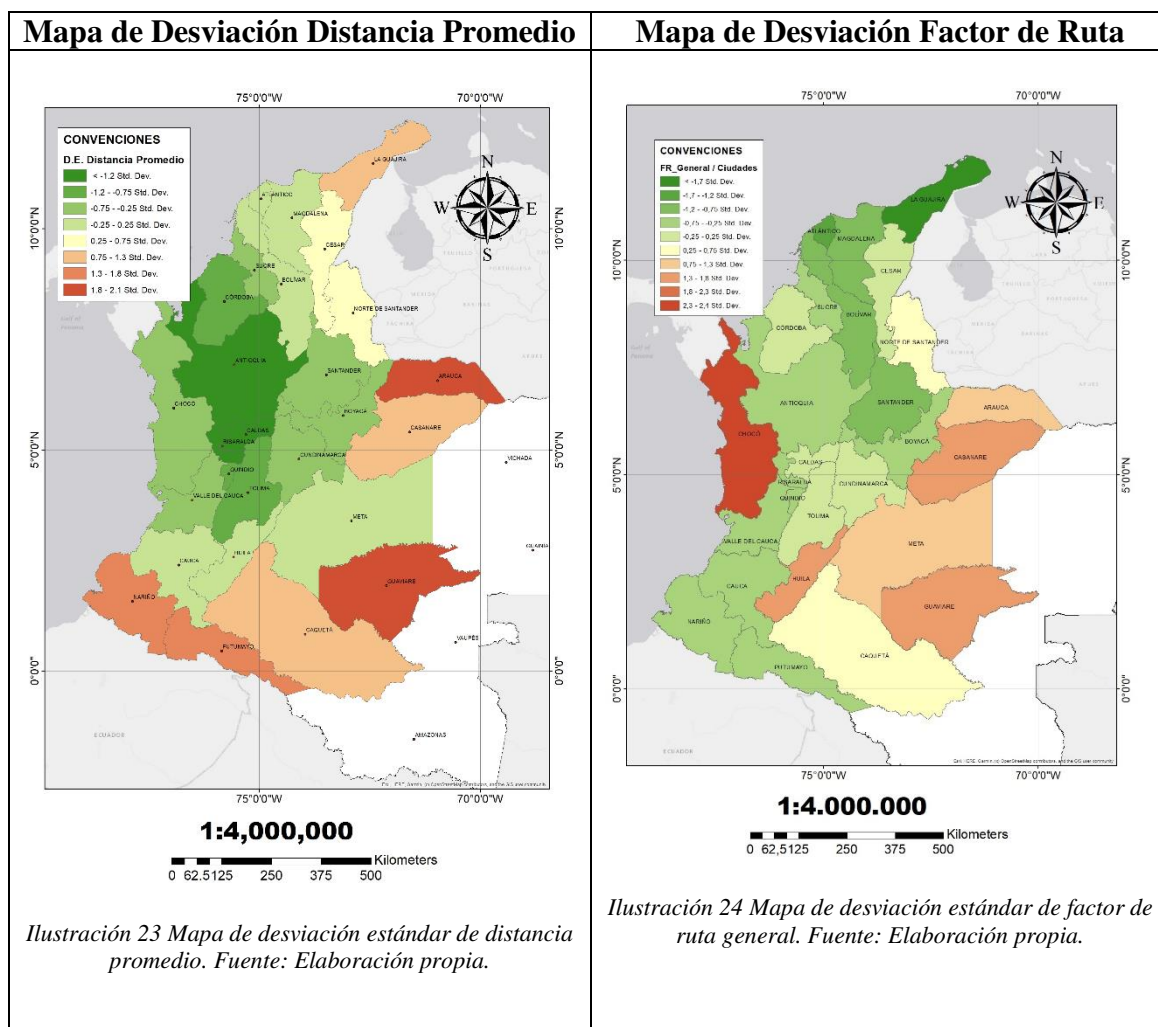


Las Ilustraciones 23 y 24 exhiben los mapas de desviación estándar de distancia promedio y el factor de ruta, respectivamente. En ambos casos, se destaca que la mayoría de los departamentos muestran una desviación estándar favorable. En el caso de la distancia promedio, se observa que la mayoría de los departamentos están por debajo de la media, mientras que, en el factor de ruta, aproximadamente la mitad de los datos se sitúan por encima de la media.

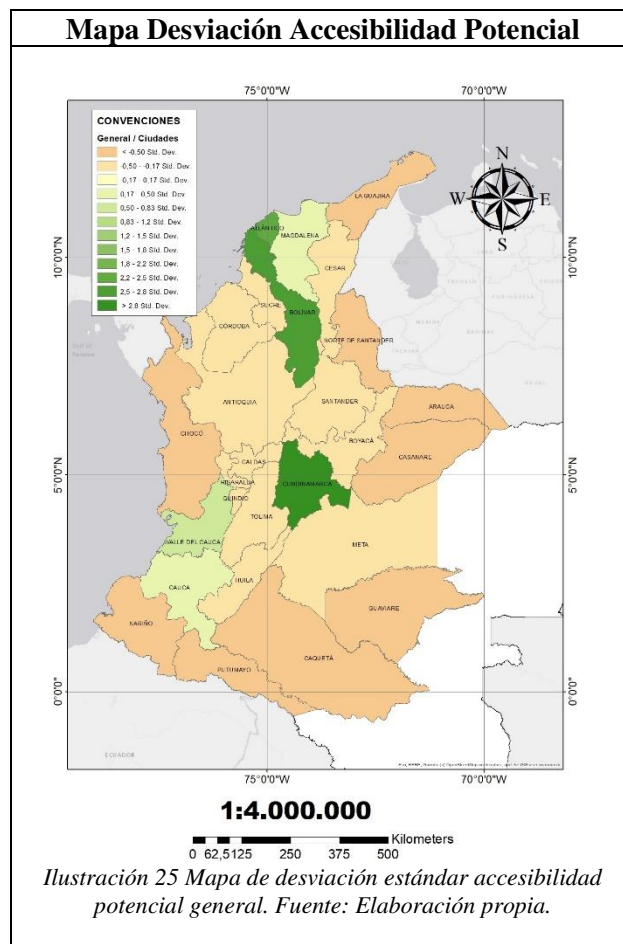
En el mapa de distancia promedio, se destaca positivamente el departamento de Antioquia, así como los departamentos fronterizos como Caldas y Risaralda, los cuales exhiben una distancia promedio hacia puertos y plataformas logísticas menor que el promedio nacional. Estos departamentos se encuentran coloreados en un tono verde oscuro para indicar esta favorable situación. Por otro lado, se observa en tono rojo oscuro a Arauca y Guaviare, los cuales muestran los mayores desplazamientos hacia puertos y centros logísticos del país en comparación con el resto de los departamentos incluidos en este estudio.

En el mapa del factor de ruta, se destaca el departamento de La Guajira como el mejor evaluado en este indicador, lo que sugiere un notable progreso en la infraestructura vial del país en los últimos años. Por otro lado, se observa en tono rojo al departamento del Chocó, el cual presenta

un trazado de red vial notablemente inferior al de otros departamentos, especialmente en comparación con sus vecinos.



La ilustración 25 muestra el mapa de desviación estándar de accesibilidad potencial, este indicador tiene la mayor dispersión dado los rangos que maneja; la mayoría de las regiones se encuentran en color amarillo o rosa, lo que significa que se encuentran por debajo de la media. Esto muestra una diferenciabilidad potencial del departamento en color verde Cundinamarca, Bolívar, Atlántico y Valle del Cauca que tienen una buena infraestructura tanto en puertos como en centro logísticos para movimiento de insumos en comparación con el resto del país. Destacando especialmente los dos primeros mencionados que tienen un color verde más oscuro.



4.3.2 Determinación coeficiente de Gini

Los resultados de los coeficientes de Gini calculados en esta investigación se presentan en la tabla 25.

Indicador	Coeficiente de Gini	
	Población Total	Población con NBI
Presencia de Infraestructura	0.410	0.426
Densidad Vial	0.506	0.551
Distancia Promedio	0.646	0.478
Factor de Ruta	0.617	0.450
Accesibilidad Potencial	0.433	0.453

Tabla 25 Resultados del coeficiente de Gini. Fuente: Elaboración propia.

En cada uno de los indicadores los resultados son superiores a 0.4, lo que revela una distribución desigual en el acceso a vías en el país, esto sugiere inicialmente una ineficiencia en la infraestructura de transporte terrestre en algunos departamentos para conectar con diversos puntos de interés en comparación con otros con mejor infraestructura. No obstante, al evaluar únicamente población en vulnerabilidad (Población con al menos una NBI según el Dane), se observa el aumento puntual en presencia de infraestructura, densidad vial y accesibilidad potencial, esto probablemente sea el reflejo de una mayor dificultad de acceso a vías para las personas en situación de riesgo, lo que sugiere la posible existencia de una brecha social en la red vial de Colombia.

En cuanto al índice de Gini aplicado a los indicadores de distancia promedio y factor de ruta, se evidencia una disminución cuando se focaliza exclusivamente en la población vulnerable. Es importante destacar que este hallazgo no necesariamente implica una reducción de la desigualdad per se, sino más bien sugiere que dichos indicadores operan en una escala más limitada en comparación con el conjunto total de la población. Esta circunstancia conduce a una recalibración del índice de Gini hacia los valores representativos de la población en su totalidad, dado que existen departamentos con una proporción similar de individuos en situación de vulnerabilidad.

La ilustración 26 representa la curva de Lorenz con respecto a la población total evaluando los cinco indicadores, donde se puede analizar, por ejemplo, que el 50% de la población tiene una accesibilidad fácil apenas al 20% de la infraestructura. La ilustración 27 representa la curva de Lorenz con respecto a los cinco indicadores evaluados en esta investigación teniendo únicamente en cuenta la población en situación de vulnerabilidad. Teniendo en cuenta esto, se observan ciertas diferencias entre el acceso de infraestructura entre la población total y la población con necesidades básicas insatisfechas.

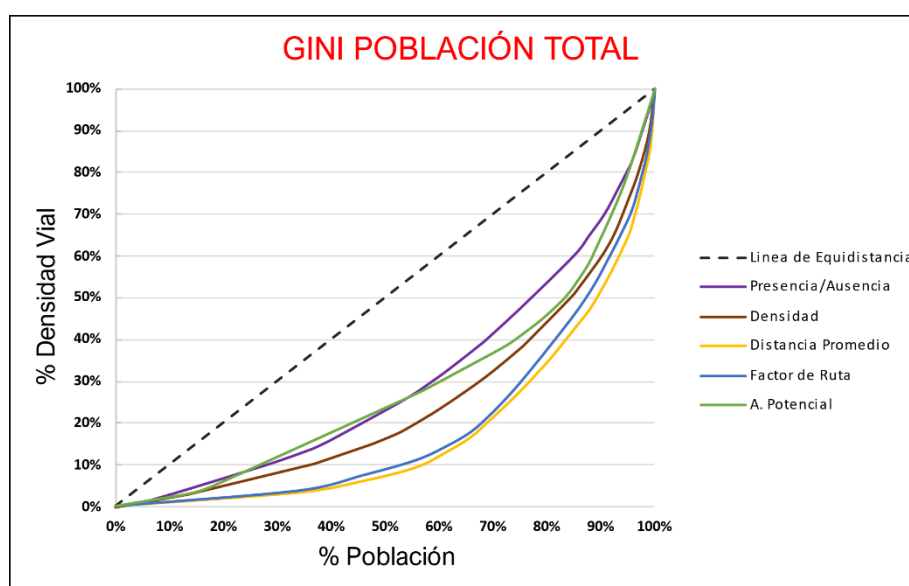


Ilustración 26 Gráfico de coeficiente de Gini con respecto a la población total. Fuente: Elaboración propia.

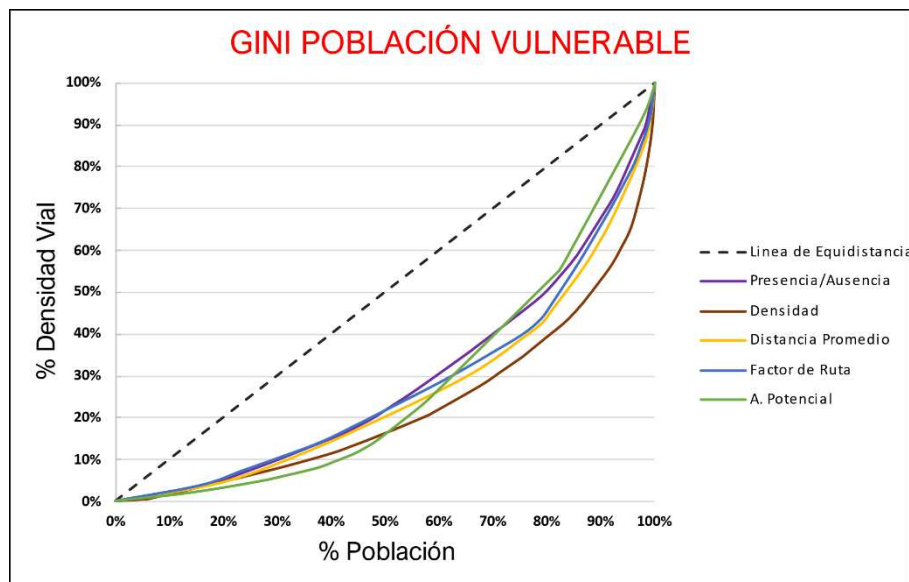


Ilustración 27 Gráfico de coeficiente de Gini con respecto a la población en vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Análisis Índice de Moran

Se analizan los resultados del índice de Moran y el p-valor, que se presentan en la tabla 26. Esta tabla proporciona información crucial para la interpretación de la autocorrelación espacial en los datos analizados.

Indicador	Evaluación	Moran	p-valor
Presencia/Ausencia	Univariante	0.266	0.0099
	Bi Variante IDH	0.239	0.0028
	Bi Variante NBI	0.286	0.0011
Densidad	Univariante	0.417	0.0005
	Bi Variante IDH	0.324	0.0005
	Bi Variante NBI	0.363	0.0003
Distancia Promedio	Univariante	0.519	0.0001
	Bi Variante IDH	0.268	0.0039
	Bi Variante NBI	0.067	0.1983
Factor de Ruta	Univariante	0.308	0.0046
	Bi Variante IDH	0.234	0.0045
	Bi Variante NBI	0.240	0.0030
Accesibilidad Potencial	Univariante	0.088	0.1418
	Bi Variante IDH	0.008	0.3728
	Bi Variante NBI	0.049	0.3284

Tabla 26 Resultados del índice de Moran

Cabe resaltar que en total se realizaron 15 diagramas (3 por cada indicador), sin embargo, en el documento expondremos solamente 5, el caso que nos pareció más interesante para cada indicador, el resto de diagramas se pueden encontrar en el anexo 3. En cuanto al indicador de presencia-ausencia, se observa que de acuerdo con el índice de moran no es posible afirmar

que exista una autocorrelación espacial. Esto se atribuye a la presencia de departamentos con superficies pequeñas que no requieren una gran cantidad de vías, mientras que están rodeados de departamentos con superficies mayores que sí tienen una mayor presencia de vías, como es el caso de los departamentos del eje cafetero en comparación con Antioquia. El hecho de estar cerca de un departamento con gran provisión de infraestructura, no quiere decir, que sus departamentos vecinos presenten igualmente una gran provisión de infraestructura.

Por otra parte, al realizar la evaluación bivalente, considerando los indicadores sociodemográficos como el índice de desarrollo humano o las necesidades básicas insatisfechas, los resultados de moran tampoco refleja de que exista una posible autocorrelación espacial. Si bien el p-valor es menor que en la evaluación univariante, todavía hay un error de prueba significativo. Lo descrito anteriormente se refleja en la Ilustración 28, donde se muestra la permutación del índice de Moran bivalente entre las necesidades básicas insatisfechas y la presencia de vías, donde se refleja la dispersión de varios datos. En este caso, P_A en la gráfica significa presencia y ausencia.

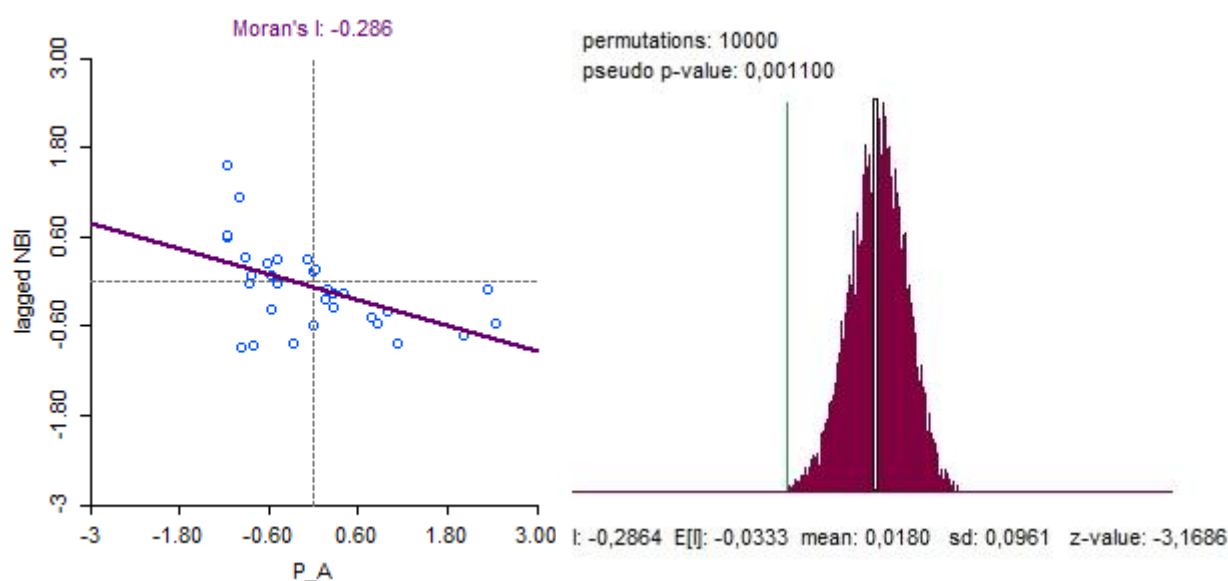


Ilustración 28 Gráfico y permutación del índice de moran bivalente entre las necesidades básicas insatisfechas y la presencia de vías. Fuente: Elaboración propia.

El índice de Moran muestra valores superiores a 0.3 en las tres interacciones realizadas con el indicador de densidad, lo que indica que incluso si se toman en cuenta los índices sociodemográficos, se puede hablar de una posible existencia de autocorrelación espacial para este indicador, no obstante, el p-valor si bien es inferiores al 1%, todavía refleja que hay casos particulares donde esta autocorrelación puede no ser del todo verdadera.

En la Ilustración 29, se presenta la correlación entre la densidad de vías y el índice de desarrollo humano. En términos generales, ambos indicadores muestran una relación en general directa, sin embargo, se observan algunas excepciones, lo que refleja que existe un margen de error con algunos departamentos que pueden tener una baja densidad de vías y/o un alto IDH en contraste a sus vecinos. Este análisis proporciona información importante sobre la distribución espacial

de la densidad de vías y su relación con el desarrollo humano en diferentes regiones del país. Para esta gráfica, Dens significa densidad.

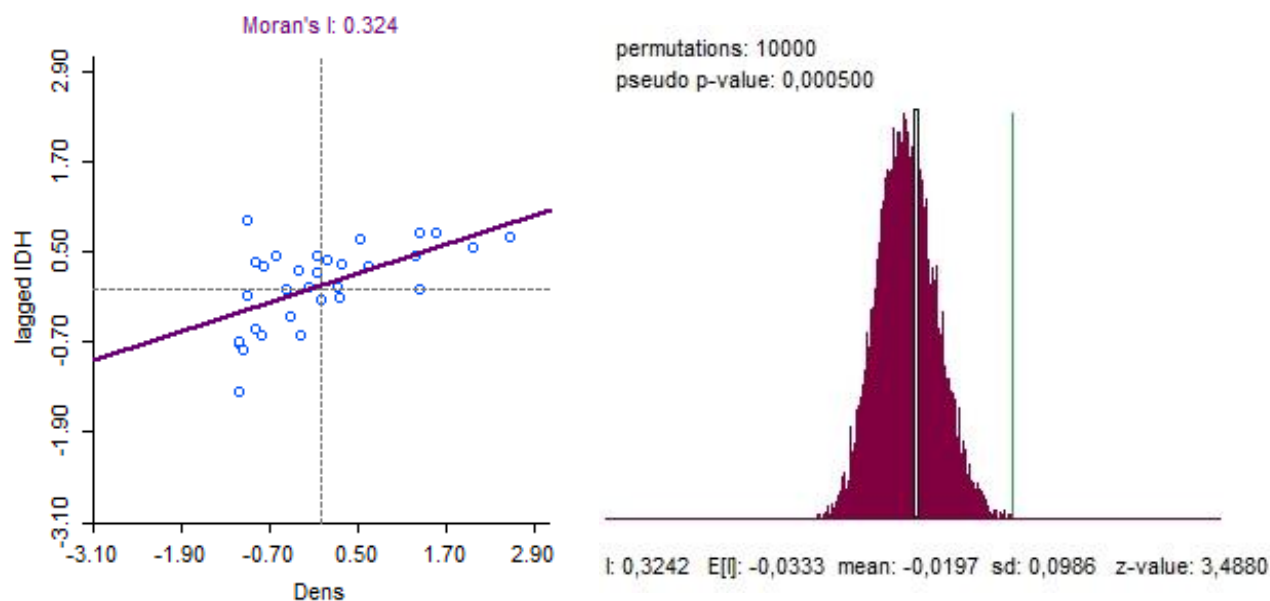


Ilustración 29 Gráfico y permutación del índice de moran bivalente entre el índice de desarrollo humano y la densidad de vías. Fuente: Elaboración propia.

La evaluación del índice de Moran univariante con respecto al indicador de distancia promedio da un resultado significativo, teniendo en cuenta que un Moran de 0.519 puede significar una muy posible auto correlación espacial, por otro lado, al obtener un p-valor de 0.0001 refleja un resultado estadísticamente significativo. En la Ilustración 30 se observa la permutación del índice de Moran univariante de distancia promedio, donde se observa que en su mayoría corresponde a una auto correlación espacial en este indicador, sin embargo, hay unos datos algo dispersos. En el caso de esta gráfica, D_P significa distancia promedio.

Por otro lado, al considerar los indicadores de necesidades básicas insatisfechas y el Índice de Desarrollo Humano, se observa una disminución en el valor de Moran. En ambos casos, especialmente al evaluar las necesidades básicas, no se puede afirmar la presencia de auto correlación espacial al relacionar la distancia promedio con los indicadores sociodemográficos. Esto indica que la proximidad a puertos y/o plataformas logísticas no asegura un alto nivel de desarrollo.

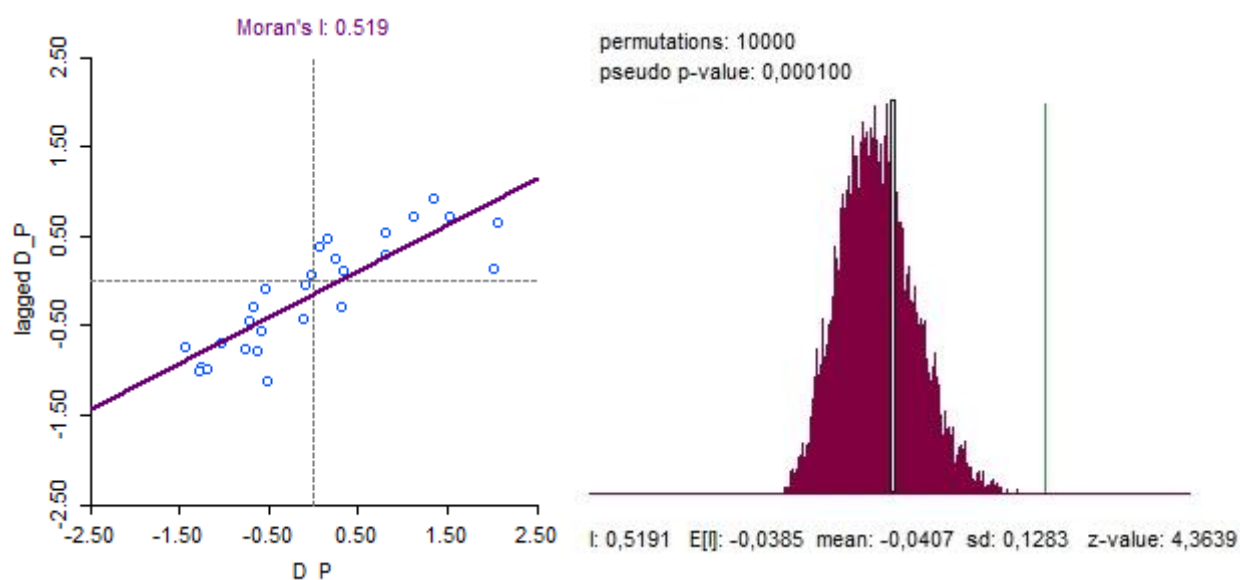


Ilustración 30 Gráfico y permutación del índice de moran univariante de distancia promedio. Fuente: Elaboración propia.

Es fundamental llevar a cabo un análisis del índice de Moran en relación con el indicador del factor de ruta, dado que esto facilita la identificación de la influencia espacial de la eficacia de la red vial en relación con el desarrollo socioeconómico y las necesidades básicas en el territorio nacional. Al realizar la interacción univariante del factor de ruta, se observa que, para los tres casos, el índice de moran es superior a 0.23, lo que refleja lo que plantea la existencia de una posible auto correlación espacial, no obstante, si hay un p-valor superior a 0.003 no nos permite rechazar la hipótesis nula, por ende, no es posible afirmar que exista verdaderamente una auto correlación espacial.

Los resultados del índice de Moran con respecto al factor de ruta se observan en la ilustración 31. Si bien parecen inicialmente correlacionados, hay una cantidad significativa de puntos dispersos. En la gráfica, FR significa factor de Ruta.

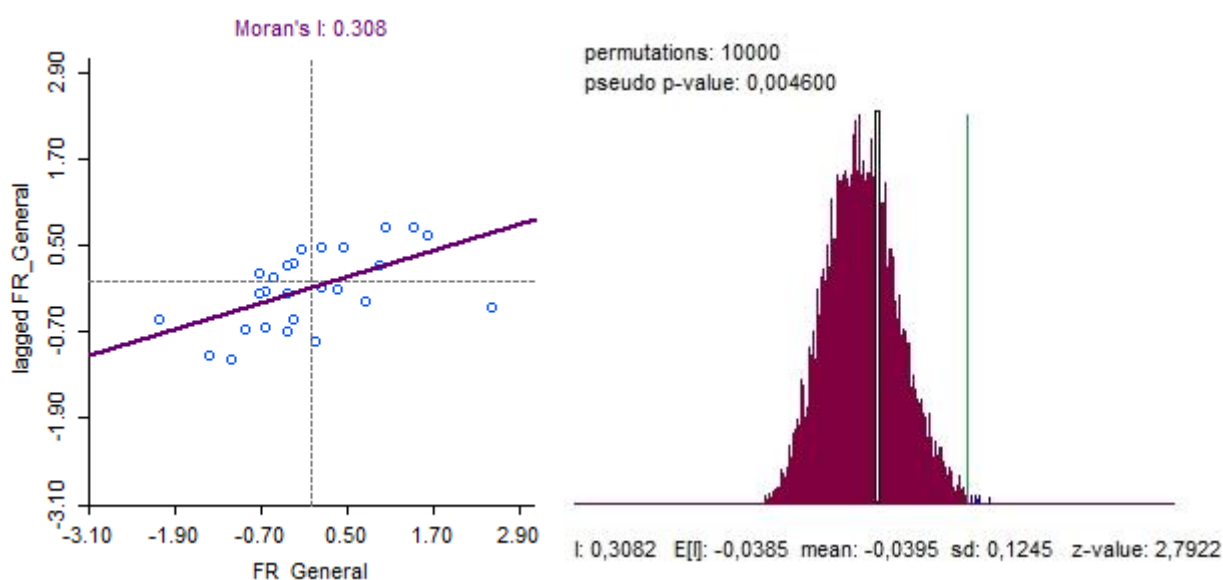


Ilustración 31 Gráfico y permutación del índice de moran de factor de ruta. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se realiza el análisis del índice de Moran bivalente entre el factor de ruta y los indicadores sociodemográficos, se evidencia que la relación encontrada no es la esperada. En el caso del índice de desarrollo, se esperaba una relación inversamente proporcional, es decir, a medida que el índice de desarrollo fuera mayor, se esperaba que el factor de ruta fuera menor. Por el contrario, con las necesidades básicas se esperaba una relación directamente proporcional con el factor de ruta. Sin embargo, en ninguno de los casos se cumplió esta expectativa, lo que indica que no se puede afirmar que exista una correlación directa entre la eficiencia de la red vial y los indicadores sociodemográficos analizados. Este hallazgo resalta la complejidad de las relaciones entre la eficiencia de la red vial y los factores sociodemográficos en el contexto de este estudio, si bien contar con condiciones de accesibilidad favorables sirve como herramienta para impulsar el desarrollo de una región, no es el único factor a considerar cuando se busca mejorar las condiciones socioeconómicas de un determinado lugar.

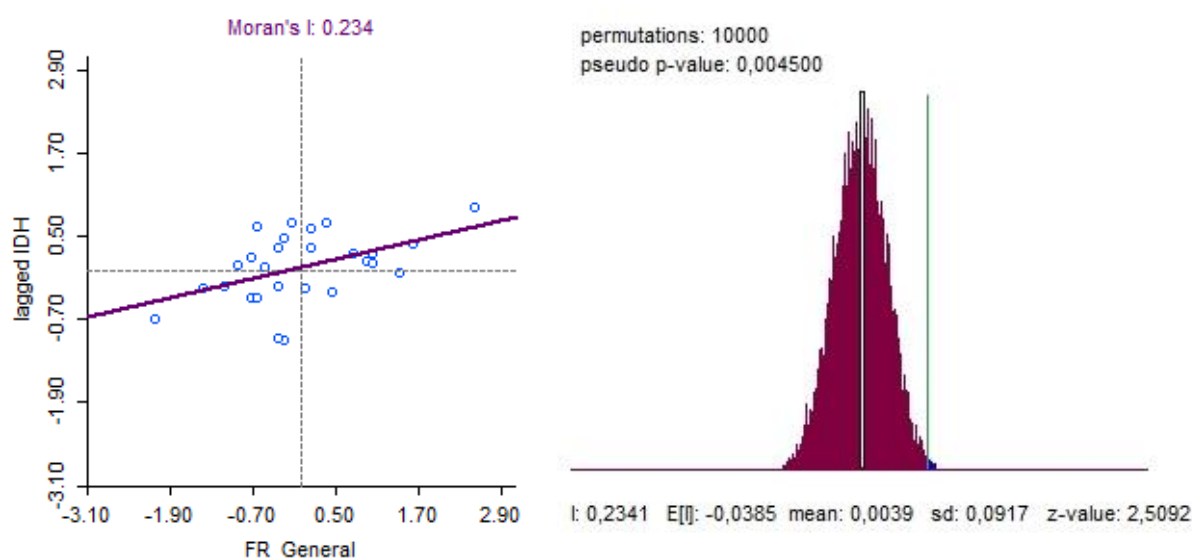


*Ilustración 32 Gráfico y permutación del índice de moran bivalente entre el índice de desarrollo y Accesibilidad Potencial.
Fuente: Elaboración propia.*

En el contexto de la accesibilidad potencial, los análisis revelan que no hay una autocorrelación, como lo sugieren tanto el índice de Moran como los valores de p-valor asociados. El índice de Moran, al ofrecer una medida cuantitativa de la distribución espacial de la accesibilidad potencial, obtiene para los tres casos coeficientes cercano a cero, lo que sugiere la falta de patrones espaciales relacionados entre estos dos parámetros. Esto indica que la accesibilidad potencial no muestra una distribución espacial particularmente estructurada o correlacionada en el área de estudio. Lo expresado anteriormente se refleja en la Ilustración 32, donde se observa cierta dispersión en los datos obtenidos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta investigación, se consideraron tres actores clave: plataformas, ciudades y puertos, que desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico del país. A través de la caracterización realizada, se obtuvo una comprensión más detallada del papel que cada uno de estos actores desempeña en el crecimiento de Colombia, destacando que tienen un papel importante en la facilitación y optimización de la cadena de suministro del país, lo que ha propiciado significativos avances económicos en los últimos años.

Los puertos marítimos son los principales responsables de movilizar la mercancía internacional. Las sociedades portuarias ubicadas en la costa atlántica, especialmente la sociedad portuaria de Cartagena, son responsables de la mayoría de las exportaciones de Colombia. Por otro lado, el puerto de Buenaventura recibe la mayor parte de las importaciones de otros países, suministrando insumos igualmente importantes para la red de abastecimiento del país. En contraste, el puerto de Tumaco, aunque contribuye mínimamente en comparación con los otros cuatro puertos incluidos en este estudio, podría potenciarse para aumentar el volumen de mercancías, dada su ubicación estratégica cercana a la frontera con Ecuador. Sin embargo, esto no ha sido posible debido a las dificultades de acceso que enfrenta.

En relación con el sistema logístico del país, es fundamental impulsar su potencialización, especialmente en zonas fronterizas, con el fin de mejorar la eficiencia y la fluidez en el transporte y la distribución de bienes. Las zonas francas deben ubicarse estratégicamente en lugares de fácil acceso a los centros urbanos y trazar redes que faciliten el acceso a los puertos marítimos. A pesar de la presencia notable de centros logísticos en Colombia, estos están mayormente concentrados en departamentos poblados como Cundinamarca o Valle del Cauca. Por consiguiente, se sugiere la realización de investigaciones futuras que analicen la viabilidad de establecer nodos logísticos en ciudades de tamaño mediano o en departamentos menos desarrollados, como el caso específico del Chocó, con el fin de evaluar su impacto en la competitividad nacional.

En este estudio, se observó que existen puntos de interés que, si bien forman parte del plan logístico nacional, en la actualidad no cuentan con zonas francas que reflejen movimientos importantes de mercancía, esto puede fortalecerse en un futuro para que sean tomados en cuentas en próximas investigaciones. Este es el caso de Maicao o Barrancabermeja. Por otro lado, ciudades como Bogotá, Cartagena, Barranquilla y Cali se destacan positivamente como plataformas con un buen nivel de almacenamiento y movimientos de mercancías. Estos hallazgos resaltan la importancia de identificar y aprovechar las oportunidades para fortalecer el sistema logístico del país y mejorar su competitividad a nivel nacional e internacional.

En el ámbito de las ciudades, se destacan Bogotá, Medellín, Cali y Tunja, como las ciudades con los puntajes más altos de competitividad. Estas ciudades sobresalen en pilares clave como infraestructura, capital humano y condiciones habitables. Por otro lado, las ciudades con los puntajes más bajos de competitividad fueron Leticia, Puerto Carreño, Mitú e Inírida, siendo

precisamente aquellas que no están conectadas a los puertos y plataformas a través de la red primaria de transporte. Por ende, investigaciones subsiguientes podrían cuantificar el incremento potencial en la competitividad de estos municipios al mejorar sus conexiones con el resto del país, así como proponer alternativas para subsanar sus desafíos de accesibilidad.

Al considerar los indicadores sociodemográficos, se evidencia una desigualdad notable entre los departamentos y ciudades que lideran positivamente los indicadores de Índice de Desarrollo Humano (IDH) y Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), en comparación con aquellos que tienen resultados más negativos. Mientras existen departamentos donde su porcentaje de personas con NBI, es menor al 7%, como es el caso de Bogotá, Valle del Cauca y Quindío, también tenemos departamentos donde más del 55% de su población se encuentra en condición de vulnerabilidad (NBI) como lo serían Chocó, Guainía y Vaupés. Este contraste subraya las disparidades significativas en el desarrollo socioeconómico entre diferentes regiones del país.

Tras la evaluación de los indicadores de presencia-ausencia y densidad de infraestructura vial, se constató la existencia de una desigualdad en la cobertura de infraestructura en Colombia. La mayor parte de la red vial del país se concentra en la zona andina, mientras que las regiones más remotas presentan una accesibilidad deficiente. Se determinó además una relación entre la presencia de infraestructura terrestre y el índice de desarrollo humano, así como con las necesidades básicas de un departamento. Por ejemplo, el departamento del Chocó se destacó por tener niveles muy bajos de presencia y densidad de infraestructura en comparación con departamentos cercanos como Antioquia o el eje cafetero. Esta disparidad resalta la importancia de abordar las brechas en la accesibilidad y el desarrollo socioeconómico entre diferentes regiones del país.

El indicador de distancia promedio fue instrumental para identificar a Medellín como un posible centro geográfico en la logística del país, al tener las mejores distancias promedio hacia las plataformas y puertos logísticos nacionales. Este hallazgo subraya la importancia estratégica de la ciudad en el contexto de la infraestructura de transporte y distribución. A partir de este análisis, es crucial que los futuros proyectos se concentren en mejorar la accesibilidad en las áreas donde el indicador de distancia promedio es más alto, como en los departamentos de Arauca y Guaviare. Esto contribuirá a reducir las disparidades regionales en términos de conectividad y acceso a los mercados.

Al comparar los resultados obtenidos con un proyecto de referencia, como el "Análisis del impacto sobre la conectividad vial de las carreteras de cuarta generación concesionadas en Colombia", se evidencia una mejora significativa en el indicador de factor de ruta en la zona norte del país, especialmente en la costa caribe. Esto indica una evolución positiva en la calidad de los corredores viales en esa región en comparación con hace 14 años, lo que destaca el impacto positivo de las inversiones en infraestructura vial en la conectividad regional. De igual manera, al observar los resultados obtenidos por (García, 2011), se observa una mejora significativa en el factor de ruta de ciudades-puertos de la ciudad de Bucaramanga, además de Arauca y Yopal, que si bien siguen teniendo factores bajos, se podría decir que han existido avances en su accesibilidad terrestre hacia los puertos.

Finalmente, se confirmó que las ciudades con mejor accesibilidad potencial hacia las zonas francas son Bogotá, Cali, seguidas de los principales puertos del océano Atlántico: Cartagena y Barranquilla. Esto evidencia una ventaja en capacidad logística para estas áreas. Por otro lado, Riohacha, a pesar de estar entre las ciudades mejor conectadas a los centros logísticos según el factor de ruta, fue una de las peor calificadas en términos de accesibilidad potencial, siendo la diferencia más notable entre estos dos indicadores.

En base a lo expuesto anteriormente, como conclusión final de esta investigación, se comprende que, si bien no se puede afirmar categóricamente que la infraestructura vial esté directamente correlacionada con el crecimiento económico de una región, contar con una red vial eficiente es un factor que puede potenciar el desarrollo económico de los departamentos. Por ende, es recomendable que las políticas públicas continúen generando consideren proyectos de construcción y mejora de corredores viales y carreteras como un componente que muy probablemente contribuya de manera positiva para el desarrollo de las diferentes regiones del país. Este enfoque contribuirá a mejorar las condiciones de vida de los habitantes y promoverá un desarrollo más equitativo a nivel nacional.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arana, J. y Delgado, C. (2014). Análisis de accesibilidad para el sistema de plataformas logísticas especializadas al interior de Colombia, Tesis de Pregrado, Universidad del Valle
- Asociación Nacional de Industriales. (2020). Informe balance 2019 y perspectivas 2020 <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/15655-balance-2019-y-perspectivas-2020para-1>. Descargado 08/12/2021
- Baradaran, S., & Ramjerdi, F. (2001). Performance of Accessibility Measures in Europe. *Journal of Transportation and Statistics*, 4, 31–48.
- Boarnet, G. C. F., & Crane, R. B. (2017). *Urban transportation planning: A decision-oriented approach*. Routledge.
- Bocarejo J. y Oviedo D. (2012) Transport accessibility and social inequities: A tool for identification of mobility needs and evaluation of Transport Investments. *Journal of Transport Geography*, 24, 142-154.
- Chen, S., Claramunt, C., Ray, C. (2014). A spatio-temporal modelling approach for the study of the connectivity and accessibility of the Guangzhou metropolitan network. *Journal of Transport Geography*, 36, 12–23.
- DANE. (2005). Boletín: Censo General 2005: Necesidades básicas Insatisfechas. https://www.dane.gov.co/files/censo2005/nbi_censo2005.pdf Descargado 07/07/2023
- DANE (2023). Zonas Francas (ZF). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/zonas-francas> Descargado 07/08/2023
- DANE (2023). Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi> Descargado 15/08/2023
- DANE (2023). Encuesta Nacional de Movilidad y Transporte. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/transporte/encuesta-de-transporte-urbano-etup> Descargado 15/08/2024
- Dony, C.C., Delmelle, E.M., Delmelle, E.C., (2015). Re-conceptualizing accessibility to parks in multi-modal cities: a Variable-width Floating Catchment Area (VFCA) method. *Landsc. Urban Plann.* 143, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.011>.

- DNP (2005). Elementos básicos del Estado colombiano. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Guia%20Elementos%20Basicos%20Estado.pdf>
- DNP (2008). Departamento Nacional de Planeación. Documento Conpes 3547. <https://www.supervigilancia.gov.co/documentos/275/documento-conpes-2008/> Descargado 8/07/2021
- DNP (2014). Departamento Nacional de Planeación. Misión sistema de Ciudades. dnp.gov.co/programas/vivienda-agua-y-desarrollo-urbano/desarrollo-urbano/Paginas/sistema-de-ciudades.aspx Descargado 08/07/2021
- DNP (2020). Departamento Nacional de Planeación. Documento CONPES 3982. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/> Descargado 08/07/2021
- Escobar, J. (2013). Situación Geográfica Colombiana. Encolombia. <https://encolombia.com/educacion-cultura/geografia-colombiana/situacion-geografica-colombiana/> Descargado 08/08/2023
- Gallego, J. y Gallego, J. (2019). Análisis de accesibilidad a la provisión de ciclo-parqueaderos en equipamientos colectivos de Santiago de Cali, Tesis de Pregrado, Universidad del Valle
- García, A. (2011). Análisis de accesibilidad para los puertos marítimos de Colombia. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle
- García, J. (2007). ¿Existe una relación entre inversión en infraestructura de transporte y crecimiento económico? *Ecos De Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 11(25), 61–77.
- Geurs, K., van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12, 127-140.
- González, M. y Montealegre, A. (2015). Análisis del impacto sobre la conectividad vial de las carreteras de cuarta generación concesionadas en Colombia. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle.
- Hanson, S. y Giuliano, G. (2017). *The Geography of Urban Transportation* (4ª ed.). Guilford Press.
- INVIAS (2021). Instituto Nacional de Vías. Estado de la red vial. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-principal/57-estado-de-la-red-vial> 08/12/2021

- Izquierdo, R. (1994). Transportes. Un enfoque integral. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Martínez, R. (2009). Estadística Básica para topografía. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Medina, F. (2001). Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso. CEPAL. Santiago de Chile. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4788-consideraciones-indice-gini-medir-la-concentracion-ingreso> Descargado 22/10/2021
- Mintransporte (2019). Ministerio de Transporte. Informe de Rendición de Cuentas Sector Transporte 2018-2019. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7992/informe-de-rendicion-de-cuentas-sector-transporte-2018-2019/> Descargado 27/11/2021
- Mintransporte. (2020). Ministerio de Transporte. Transporte en cifras Estadísticas 2020. <https://plc.mintransporte.gov.co/Portals/0/Documentos/Transporte%20en%20Cifras%202021%20Version%2030%20Dic.pdf?ver=2021-12-30-175937-487> Descargado 15/11/2021
- Mintransporte. (2022). Ministerio de Transporte de Colombia. Plan Nacional de Infraestructura de Transporte. <http://www.mintransporte.gov.co> Descargado 16/08/2024
- Monzón de Cáceres, A. (1998). Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte: aplicaciones en la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM).
- PNUD. (2010). Informe sobre Desarrollo Humano 2010. La verdadera riqueza de las naciones: Caminos al desarrollo humano. En línea: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2010_es_complete_reprint.pdf [consulta 15-05-2016].
- Rodrigue, J. Comtois, C. Slack, B. (2017). The Geography of Transport Systems. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429346323> Descargado 28/11/2021
- Ramírez, J. y De Aguas, J. (2017). Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia 2017. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43156-escalafon-la-competitividad-departamentos-colombia-2017> Descargado 27/11/2021
- Rodríguez, D. García, C y Jaramillo, C. (2018). La accesibilidad terrestre a los puertos marítimos de Colombia, una aproximación desde la equidad territorial. Revista entorno geográfico. 8-46. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i15.6708>

- Supertransporte. (2023). Boletín estadístico Tráfico portuario en Colombia 2022. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2023/Febrero/Puertos_28/BOLETIN-TRAFICO-PORTUARIO-2022.pdf Descargado 14/07/2023
- Supertransporte. (2023). Fichas Técnicas Sociedades Portuarias. <https://www.supertransporte.gov.co/index.php/superintendencia-delegada-de-puertos/fichas-tecnicas-sociedades-portuarias/> Descargado 14/07/2023
- Schwab, K. (2019). The global competitiveness report 2019 (World Economic Forum ed.). https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf Descargado 24/09/2021
- Yepes, T. Ramírez, J. Villar, L. (2013). Infraestructura de transporte en Colombia. Fedesarrollo. [https://infraestructura.org.co/bibliotecas/DAE/Infraestructura%20de%20Transporte%20en%20Colombia%20\(FEDESARROLLO%20Mar-2013\).pdf](https://infraestructura.org.co/bibliotecas/DAE/Infraestructura%20de%20Transporte%20en%20Colombia%20(FEDESARROLLO%20Mar-2013).pdf)
- Zain, R. M., Salleh, N. H. M., Zaideen, I. M. M., Menhat, M. N. S., & Jeevan, J. (2022). Dry ports: Redefining the concept of seaport-city integrations. *Transportation Engineering*, 8, 100112.