



**Costos de Transporte de Carga Terrestre en los
Departamentos de Colombia: Implicaciones y
Recomendaciones para Políticas Públicas**

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y EFECTIVIDAD INSTITUCIONAL
CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA COMPETITIVIDAD REGIONAL – SCORE

Alejandro Cheyne, rector
Mónica María Correa Zabala, directora DPEI
Daniel Ricardo Torralba, coordinador SCORE
Laura Nathalia León, investigadora
Michael Andrés Cifuentes, investigador
Elian Camilo Salinas, investigador
Estefanía Ramírez Álvarez, asistente de investigación

Resumen:

Este estudio analiza la estructura de costos del transporte terrestre en Colombia, con un énfasis particular en el departamento de Casanare, y su correlación con la infraestructura vial y la gestión administrativa. A nivel general se observa una tendencia creciente en los costos de transporte, con variabilidad entre regiones. Se encuentra evidencia correlacional entre la infraestructura vial, en especial la red primaria y su condición, y su relación con los costos de carga de transporte terrestre. Se evidencia diferencias significativas entre departamentos, resaltando la necesidad de políticas públicas y estrategias diferenciadas. Se subraya la importancia de la inversión en infraestructura y gestión eficiente para reducir costos de carga de transporte y aumentar la competitividad.

Palabras clave: Competitividad, costos de transporte, desarrollo regional, gestión administrativa

Abstract:

This study analyzes the cost structure of ground transportation in Colombia, with particular emphasis on the department of Casanare, and its connection with road infrastructure and administrative management. At a general level, there is a growing trend in transportation costs, with abundance between regions. Correlational evidence is found between the road infrastructure, especially the primary network, and its condition, and its relationship with land transport freight costs. Significant differences between departments are evident, highlighting the need for differentiated public policies and strategies. The importance of investment in infrastructure and efficient management is underlined to reduce transport freight costs and increase competitiveness.

Keywords: Competitiveness, transport costs, regional development, administrative management

1. Introducción

La nueva geografía económica ha destacado que, en las cadenas de suministro eficiente, el transporte de carga juega un papel crítico. Sin embargo, los costos asociados a esta actividad, específicamente en el transporte terrestre, han sido objeto de preocupación y análisis debido a su influencia directa en la competitividad de las economías y en el desarrollo regional (Banister & Berechman, 2001; Combes & Lafourcade, 2005). Estos costos, lejos de ser estáticos, son dinámicos y su variación depende de factores como la infraestructura de transporte, las políticas públicas y la gestión administrativa, entre otros.

El desarrollo de la infraestructura de transporte es un componente vital que puede tener un impacto significativo en los costos de carga de transporte terrestre (Banister & Berechman, 2001; Yu et al., 2012). La inversión en infraestructura mejora la accesibilidad y conectividad, incrementando la eficiencia en la producción y el comercio (Banister & Berechman, 2001). Sin embargo, este proceso debe ser cuidadosamente evaluado y planificado para asegurar su efectividad a largo plazo. Por ejemplo, Combes y Lafourcade (2005) demuestran cómo la política de desarrollo de redes de transporte terrestre en Europa ha sido utilizada para reducir los costos de transporte y mejorar la accesibilidad de regiones periféricas a los centros económicos. Adicionalmente, Yu et al. (2012) señala que la inversión en infraestructura de transporte puede reducir los costos y aumentar la demanda de bienes y servicios a largo plazo. Un aumento en la densidad de la red de transporte terrestre puede reducir la distancia y el tiempo de viaje entre lugares y aumentar la competencia entre los proveedores de transporte, reduciendo así los costos de transporte.

Sin embargo, el desarrollo de la infraestructura no puede ser visto de manera aislada, y su impacto en los costos de transporte puede variar dependiendo del contexto y las políticas públicas aplicadas. La literatura también pone de relieve la importancia de la gestión administrativa y las políticas públicas en la determinación de los costos de transporte (Arroyave & Rodríguez, 2022). Un ejemplo de esto es la liberalización del mercado de transporte terrestre en Francia durante la década de 1980, que tuvo un impacto significativo en la estructura del mercado y los costos de transporte (Combes & Lafourcade, 2005). Además, la gestión administrativa puede ser un factor esencial en la implementación de políticas públicas y en la toma de decisiones sobre la inversión en infraestructura de transporte (Arroyave & Rodríguez, 2022). La eficiencia y efectividad de la gestión administrativa pueden permitir una mejor planificación y ejecución de proyectos de infraestructura de transporte, lo que puede a su vez reducir los costos de transporte y mejorar la accesibilidad a las oportunidades. Fajgelbaum (2020) también destaca que una gestión administrativa adecuada puede garantizar la asignación óptima de recursos para la construcción y mantenimiento de la infraestructura de transporte, lo que puede mejorar la eficiencia y reducir los costos de transporte.

Otro aspecto destacado en la literatura es la influencia de la gestión administrativa en la reducción de los costos indirectos del transporte, como los retrasos en los puestos de control, la falta de infraestructura adecuada y la falta de habilidades del personal (Mukherjee et al., 2013). Estos costos indirectos afectan la eficiencia de la cadena de suministro y aumentan los costos totales de transporte. Por lo tanto, una gestión administrativa eficiente y efectiva puede contribuir a la reducción de estos costos indirectos y mejorar la eficiencia del sistema de transporte terrestre.

Además, la calidad de la gestión administrativa puede permitir una mejor identificación de las necesidades y prioridades de la población en términos de transporte y acceso a las oportunidades, lo que mejora la efectividad de las políticas públicas en este ámbito (Arroyave & Rodríguez, 2022). La transparencia y la participación en la toma de decisiones pueden asegurar que las inversiones en infraestructura de transporte se alineen con las necesidades reales de la población y se gestionen de manera eficiente y sostenible.

Dada la importancia de entender la relación entre los costos de transporte terrestre y la gestión administrativa, así como el impacto que una administración efectiva puede tener en el desarrollo económico y la competitividad regional, se destaca la relevancia de este estudio. El objetivo principal es aportar a la discusión existente mediante el análisis de los costos de transporte de carga en los departamentos de Colombia, con un énfasis especial en el caso de Casanare. De forma más específica, se realizará un análisis exploratorio de cómo la gestión administrativa puede influir en los costos de transporte en este departamento.

Las secciones siguientes estarán organizadas de la siguiente manera: primero, se realiza una revisión de literatura sobre la relevancia de la gestión administrativa y los costos de transporte. Posteriormente se realizará una propuesta técnica de cómo analizar los costos de carga de transporte. En la siguiente sección se presentarán los datos utilizados en el estudio; luego, se expondrá la metodología empleada para analizar los costos de carga de transporte terrestre; después, se discutirán los resultados obtenidos a partir del análisis. A continuación, se presentará un caso aplicado al departamento de Casanare, donde se abordarán las características y desafíos específicos de la infraestructura vial y el transporte terrestre en este territorio. Finalmente, se ofrecerán conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos del estudio, con el objetivo de

proporcionar información valiosa para la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en relación con la gestión de la infraestructura vial y el transporte terrestre en Colombia.

2. Revisión de la literatura

La relevancia de la gestión administrativa en la determinación de los costos de carga de transporte terrestre ha sido objeto de estudio en diversos trabajos académicos. La literatura evidencia una clara correlación entre ambas variables, donde la administración efectiva de la infraestructura vial puede impactar significativamente en los costos de transporte y, en última instancia, en la economía de un país.

Combes y Lafourcade (2005) realizaron un análisis pionero sobre la relación entre la infraestructura y los costos de transporte, argumentando que el tamaño del mercado y la calidad de la infraestructura son determinantes clave de los costos de transporte. La eficiencia en la administración de la infraestructura, por lo tanto, juega un papel crucial en la modelación de estos costos y, por ende, en la competitividad de los mercados.

Siguiendo la línea de Combes y Lafourcade (2005), Yu et al. (2012), se profundiza en los costos de transporte y su influencia en el comercio internacional. Estos autores ponen de relieve que los costos de transporte son un factor determinante en la configuración de los flujos comerciales, vinculándolo directamente a la gestión de la infraestructura vial.

El trabajo de Arroyave y Rodríguez (2022) se centra en la economía colombiana, examinando cómo los costos de transporte y la administración de la infraestructura vial pueden

influir en la economía del país. En su estudio, el enfoque se sitúa en la gestión administrativa, poniendo en evidencia que la misma puede tener un impacto directo en los costos de transporte.

En sintonía con estos hallazgos, Puente-Ajovín y Sanz-Gracia (2021) sitúan el énfasis en la infraestructura y la logística como determinantes de los costos de transporte. En su estudio, la eficiencia administrativa es destacada como un factor clave que puede afectar estos costos.

El enfoque de Olper y Raimondi (2009), Fajgelbaum y Schaal (2020) y Alonso-Villar (2007) amplía el panorama al explorar la relación entre los costos de transporte y los flujos comerciales, la distribución de la riqueza y la localización de las actividades económicas. Estos autores destacan que la gestión eficiente de la infraestructura y los servicios de transporte puede tener un impacto significativo en los costos de transporte, y, por ende, en la economía y la sociedad en general.

Finalmente, Rodríguez (2016) y Mukherjee et al. (2013) combinan estos enfoques, analizando cómo los costos de transporte están vinculados tanto a la infraestructura vial como a la logística y en cómo la gestión administrativa puede influir en estos costos.

En conjunto, estos estudios ponen de manifiesto la relevancia de la gestión administrativa en la determinación de los costos de carga de transporte terrestre. El hilo conductor de la literatura sugiere que la eficiencia en la administración de la infraestructura vial y la logística puede impactar de manera decisiva en los costos de transporte, afectando a la competitividad, el comercio y la economía a diversos niveles.

3. Costos de transporte

El costo de carga de transporte terrestre desempeña un papel fundamental en la eficiencia, competitividad y comercio interdepartamental en Colombia. Para analizar este factor, existen múltiples definiciones y metodologías en la literatura. Sin embargo, en el marco de este estudio, se reconocen tres perspectivas complementarias para analizar los costos de transporte en este contexto. A continuación, se presentan estas perspectivas:

- Costo de transporte origen-destino: Esta óptica permite evaluar las condiciones de infraestructura y logística que afectan el transporte de mercancías entre departamentos, identificando barreras y oportunidades en la conexión entre diferentes regiones. Al aislar el efecto de los costos internos, se puede determinar cómo estos factores influyen en la competitividad y en el comercio interdepartamental.
- Costos de transporte internos: Al centrarse en los costos de moverse dentro del departamento, esta perspectiva revela áreas de mejora en la infraestructura vial y logística local, así como oportunidades para optimizar la gestión y planificación del transporte terrestre. Los resultados de este análisis pueden guiar a las autoridades locales en la formulación de políticas y programas para mejorar la eficiencia y la competitividad del sector de transporte en el ámbito interno.
- Costos de transporte terrestre de recibir carga desde diversos orígenes: Esta óptica considera la diversidad de fuentes de suministro de mercancías y cómo estos costos varían en función de la distancia, la infraestructura y la logística. El análisis desde este enfoque permite identificar patrones en la distribución de carga y cómo los

costos de transporte pueden ser un factor determinante en la elección de proveedores y destinos comerciales. Esta información es crucial para diseñar políticas públicas orientadas a mejorar la competitividad de los departamentos en el ámbito nacional e internacional, al tiempo que se busca diversificar y fortalecer las relaciones comerciales con diferentes orígenes de carga.

Sin embargo, en este documento nos centraremos en analizar el efecto de los costos de transporte terrestre desde el departamento origen al departamento destino, ya que este enfoque es fundamental para comprender las dinámicas interdepartamentales y establecer un punto de partida para abordar los desafíos en la gestión de infraestructura vial y transporte terrestre en Colombia. Al analizar estos costos, es posible identificar las barreras y oportunidades en la conexión entre diferentes departamentos, lo que permite evaluar las condiciones de infraestructura y logística que afectan el transporte de mercancías y cómo estos factores influyen en la competitividad y el comercio interdepartamental.

4. Datos

En el presente análisis, utilizamos datos provenientes del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC), administrado por el Ministerio de Transporte. Esta base de datos es una de las fuentes principales de registro administrativo en Colombia para monitorear y controlar el transporte terrestre.

La estructura de esta base de datos facilita la consolidación de información de carga desde el municipio de origen hasta el municipio de destino, registrando detalles de la carga, el costo asociado a esta e información auxiliar que enriquece nuestro análisis. Además, la base de datos

cuenta con información desde el año 2015, lo que permite estudiar las tendencias y cambios a lo largo del tiempo.

A pesar de su importancia, esta fuente de información presenta ciertas limitaciones que pueden afectar su utilidad y precisión. La calidad y exactitud de la información en el RNDC dependen en gran parte de la actualización oportuna y la introducción correcta de datos por parte de los usuarios y operadores de transporte de carga. Si la información no se actualiza regularmente o no se ingresan todos los datos necesarios, la base de datos podría no reflejar adecuadamente la situación real del transporte de carga en Colombia. Además, el RNDC puede enfrentar problemas de estandarización y consistencia en la información proporcionada por diferentes actores del sector del transporte, lo que podría surgir de la falta de un marco común de categorías y terminología, dificultando la interpretación de los datos y limitando la comparabilidad entre diferentes registros.

Es posible que el RNDC no tenga una cobertura geográfica o temporal completa, ya que algunos transportistas o regiones podrían no reportar o hacerlo de manera irregular, lo que podría generar sesgos en la información y limitar la capacidad de analizar tendencias y patrones en el transporte de carga a nivel nacional.

Asimismo, algunas empresas de transporte de carga podrían no registrar toda la información en el RNDC, ya sea por desconocimiento de las normas o falta de capacidad técnica. Esto puede ocasionar un subregistro de datos que afecte la calidad y confiabilidad de la información disponible en la base de datos. Además, pueden existir dificultades para integrar el RNDC con otras bases de datos relevantes para el transporte de carga, como datos aduaneros, información sobre infraestructura de transporte o información sobre la demanda y oferta de

servicios logísticos. Esto puede limitar la capacidad de análisis y la toma de decisiones basada en datos integrados y completos.

A pesar de las dificultades y limitaciones que presenta la RNDC, esta base de datos sigue siendo una herramienta esencial para el análisis del transporte terrestre de carga en Colombia. La información que proporciona es invaluable para comprender las dinámicas del sector, identificar patrones y tendencias, y evaluar el impacto de políticas públicas en la eficiencia y competitividad del transporte de carga.

5. Metodología

En esta sección se describe el proceso metodológico llevado a cabo para analizar el costo de transporte de carga desde el departamento origen hasta el departamento destino. El proceso consta de varias etapas, que incluyen la descarga de datos, ajustes y correcciones a la base de datos, y agregación a nivel municipal y departamental. A continuación, se describen en detalle cada una de estas etapas:

1) Descarga de datos

Se descargan las bases de datos del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC) del Ministerio de Transporte, que se encuentran disponibles mensualmente para cada año.

2) Arreglos a la base de datos

La base de datos cuenta con dos variables que indican la carga transportada: KILOGRAMOS y GALONES. Se utiliza un factor de conversión para convertir los galones a kilogramos, obteniendo así la carga homologada en kilogramos para cada viaje.

3) Corrección/imputación de la variable KILÓMETROS

La base de datos contiene una variable que indica los KILÓMETROS de cada viaje. Para aquellos viajes con cero kilómetros o valores faltantes (NA), se realiza una corrección/imputación utilizando el sistema de georreferenciación wps84. Este sistema permite conocer los kilómetros entre el municipio de origen y el municipio de destino, y se obtiene la distancia mediante la siguiente fórmula:

$$Distancia = \frac{Kilómetros}{Viajes}$$

4) Deflactación de la variable VALORES PAGADOS

La variable VALORES PAGADOS se multiplica por un deflactor para obtener precios constantes. En este caso los valores pagados fueron deflactados con base en el IPC a diciembre de 2022.

5) Agregación a nivel municipal

Se agrupan los datos por tipo de mercancía, mes, municipio de origen y municipio de destino para obtener la mediana robusta del precio, la carga y la distancia (PCD). Con esto, se estima el precio por un kilogramo transportado por un kilómetro utilizando la siguiente fórmula:

$$PCD = \frac{(Precio_{i,h,t}/Carga_{i,h,t})}{Distancia_{i,h,t}}$$

Donde i es el municipio de origen al municipio de destino, h es el tipo de carga y t es el mes del año observado.

La matriz resultante tiene la siguiente estructura:

$$\begin{array}{c}
 \text{Municipio} \\
 \text{Municipio}_{i,t}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Municipio} \\
 j
 \end{array}
 \begin{array}{cccccc}
 1 & 2 & 3 & 4 & \dots \\
 \circ & PCD_{2,N,1} & PCD_{2,N,1} & PCD_{2,N,1} & \dots \\
 \circ & PCD_{2,N,1} & PCD_{2,N,1} & PCD_{2,N,1} & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 PCD_{1,N,1} & \circ & PCD_{2,N,1} & PCD_{2,N,1} & \dots \\
 PCD_{1,N,2} & \circ & PCD_{2,N,1} & PCD_{2,N,1} & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots
 \end{array}$$

Los valores obtenidos son la mediana robusta del costo de transportar mercancía del municipio origen al municipio destino.

6) Agregación a nivel departamental

Para obtener el costo mediano por departamento y por año, se utiliza la mediana robusta de todos los municipios que hacen parte de un departamento y su costo para los 12 meses del año observado. La matriz resultante tiene la siguiente estructura:

$$\begin{array}{c}
 \text{Departamento} \\
 \text{Departamento}_{i,t}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Departamento} \\
 j
 \end{array}
 \begin{array}{cccccc}
 1 & 2 & 3 & 4 & \dots \\
 \circ & Costo_{1,2,2014} & Costo_{1,3,2014} & Costo_{1,4,2014} & \dots \\
 \circ & Costo_{1,2,2015} & Costo_{1,3,2015} & Costo_{1,4,2015} & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 Costo_{2,1,2014} & \circ & Costo_{2,3,2014} & Costo_{2,4,2014} & \dots \\
 Costo_{2,1,2015} & \circ & Costo_{2,3,2015} & Costo_{2,4,2015} & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots
 \end{array}$$

Los valores obtenidos son la mediana robusta del costo de transportar mercancía del departamento origen al departamento destino en el año t .

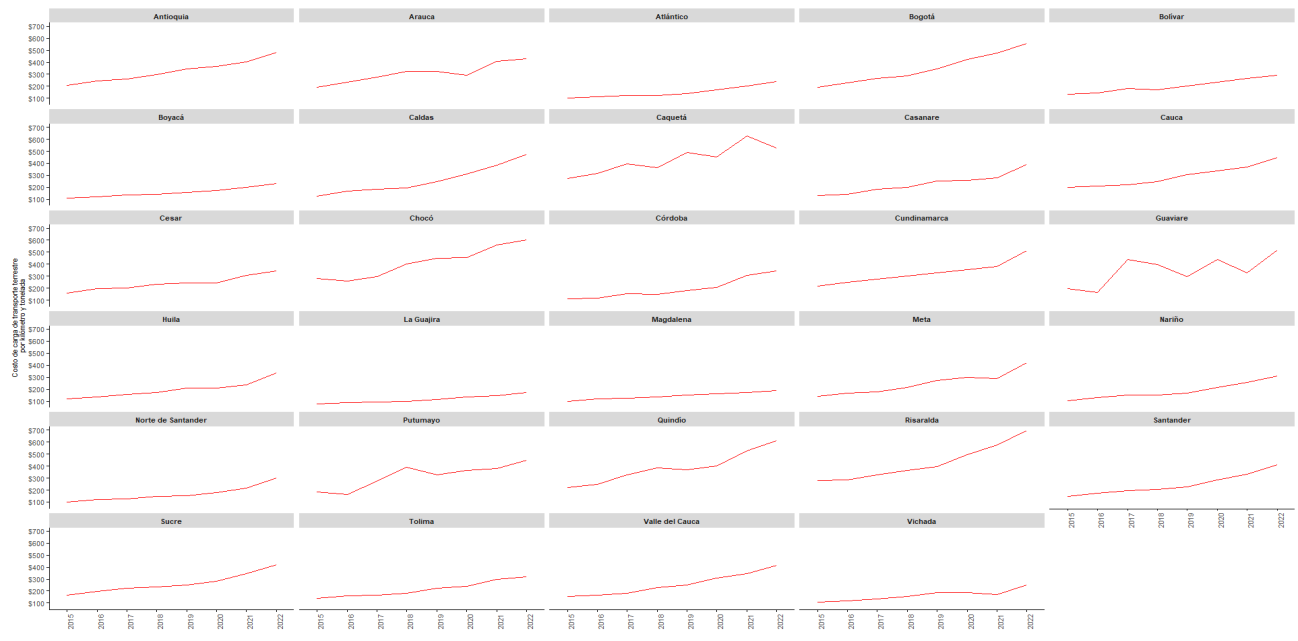
7) Cálculo de la mediana ponderada

Para obtener una medida de tendencia central robusta que tenga en cuenta la presencia de valores atípicos, se utilizó la mediana ponderada. La mediana ponderada se calculó por medio del software R utilizando la función *weightedMedian* de la librería *matrixStats* versión 0.63.0 (Bengtsson, 2022).

6. Resultados

6.1. Costo de carga de transporte terrestre de los departamentos en Colombia

Figura 1. Evolución del costo de carga de transporte terrestre por departamento en Colombia (2015-2022).



Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Nota: La unidad de medida es costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada.

Como se observa en la figura 1, en términos generales los departamentos muestran una tendencia positiva gradual en el costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada, esto quiere decir que el costo de transporte terrestre presenta un aumento generalizado entre los años 2015 y 2022.

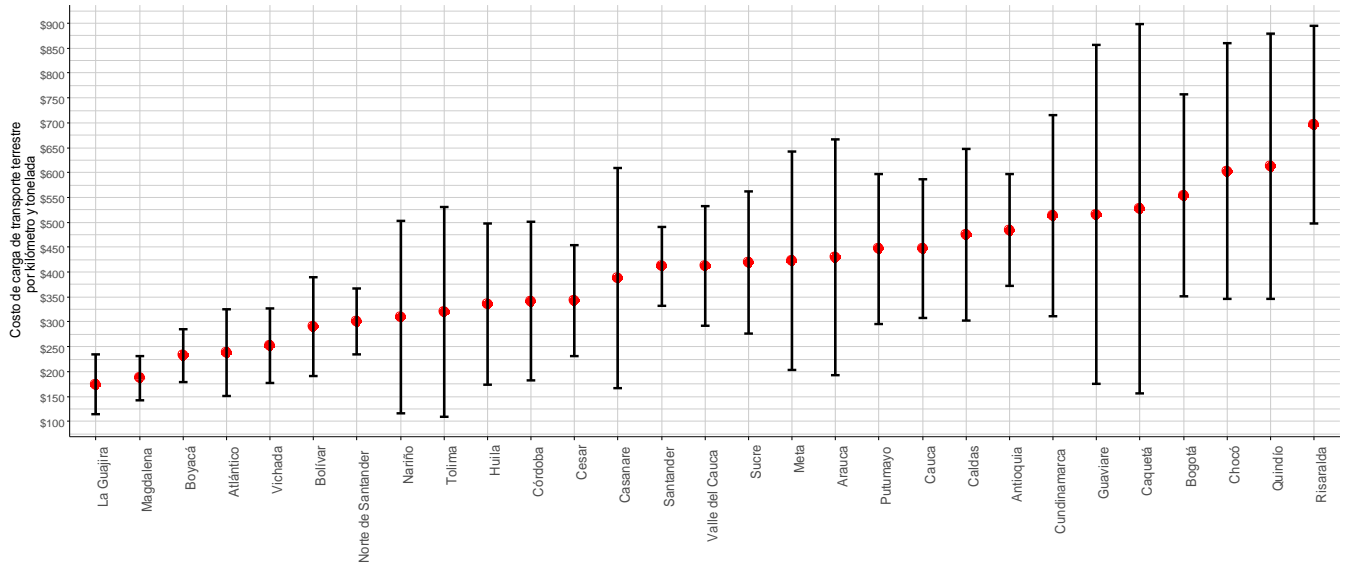
Al analizar los costos de transporte de carga terrestre en Colombia para el año 2022 se evidencia diferencias significativas entre los departamentos, así como tasas de crecimiento anuales compuestas variadas desde 2015.

Risaralda encabeza la lista con un costo de \$696.49 y una tasa de crecimiento del 13%. Le sigue Quindío con \$613.06 y una tasa de 12.32%. Chocó, con \$602.90 y una tasa de 13.18%, y Bogotá D.C. con \$553.62 y un crecimiento del 16.15%. El menor costo se encuentra en La Guajira, con \$174.33, pero con una tasa de crecimiento del 13.33%.

Las tasas de crecimiento también varían considerablemente. Cundinamarca, aunque ocupa el séptimo lugar en términos de costos en 2022, tuvo el crecimiento más acelerado, con un aumento anual del 20.8% desde 2015. Por otro lado, Antioquia, aunque tiene un costo relativamente alto, mostró una de las tasas de crecimiento más bajas, con un 9.77%.

En el caso particular de Casanare, el departamento que es objeto de nuestro análisis más detallado, los costos de transporte de carga terrestre son de \$388.02, con una tasa de crecimiento del 12.75%. Este dato lo ubica en la mitad inferior de la lista en términos de costos, pero con una tasa de crecimiento moderada.

Figura 2. Variación departamental en el costo de carga de transporte terrestre en Colombia (2022).



Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Nota: La unidad de medida es costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada.

Al analizar la Figura 2, se evidencia una notable diversidad en los costos medianos de carga de transporte en los departamentos de Colombia para el 2022. Risaralda, Quindío y Chocó presentan los costos de carga terrestre más elevados, ubicándose en \$696.49, \$613.06 y \$602.89 respectivamente. En contraste, los costos de carga medianos más bajos se observan en La Guajira, Magdalena y Boyacá, con valores de \$174.33, \$186.72 y \$232.24 respectivamente.

Una herramienta útil para el grado de volatilidad de los costos de carga de transporte del departamento de origen a los múltiples departamentos de destino, es por medio de la desviación absoluta, la cual mide la dispersión de los datos respecto a su comportamiento mediano. Esta métrica, representada en la figura 2, evidencia la variabilidad que rodea al costo mediano de carga terrestre de cada departamento. La desviación absoluta puede arrojar luz sobre diversas situaciones. Una desviación alta podría indicar una gran variabilidad en las condiciones de

transporte, como la calidad de la infraestructura vial, las distancias a otros departamentos, y otros factores influyentes en los costos de transporte.

Al observar el comportamiento de los departamentos de Caquetá, Guaviare y Quindío son los departamentos con la desviación absoluta más elevada, con \$370.56, \$340.41 y \$266.87, respectivamente. Esto indica que los costos de transporte, aunque altos, pueden ser muy fluctuante respecto los departamentos con los cuales enviar cargas por vía terrestre.

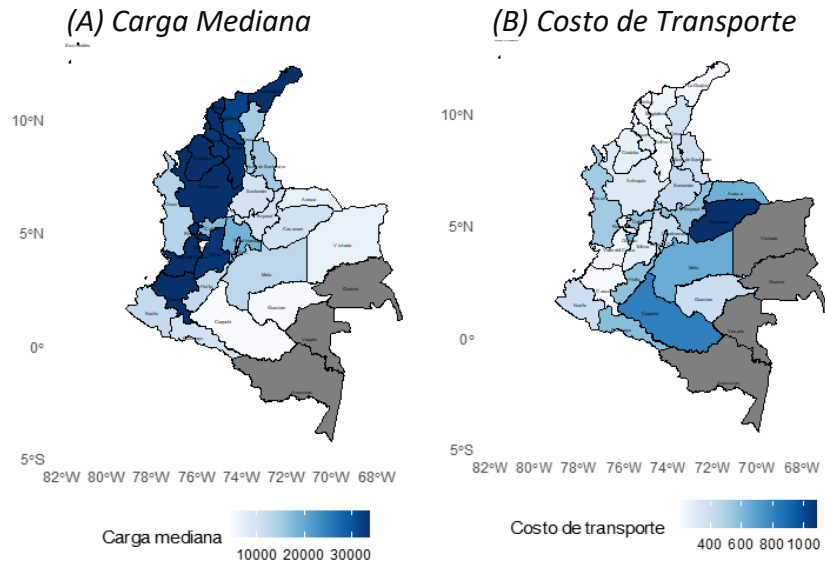
Por otro lado, los departamentos de Magdalena, Boyacá y La Guajira presentan las desviaciones absolutas más bajas con \$44.54, \$52.58 y \$59.94 respectivamente. Esto apunta a que los costos de transporte en estos departamentos son más estables, con menores fluctuaciones alrededor del costo de carga mediano.

Con base en los resultados previos, se puede evidenciar que para afrontar de manera efectiva las disparidades en los costos de transporte de carga terrestre en Colombia, se deben implementar políticas públicas que deben abordar deben reconocer las heterogeneidades que representa para cada departamento movilizar cargas a otros destinos.

6.2. Caso aplicado de la estructura del costo de carga de transporte terrestre para el departamento de Casanare.

En esta sección se analiza la estructura del costo de carga de transporte terrestre para el departamento de Casanare en el año 2022.

Figura 3. Distribución espacial de la carga mediana y el costo de transporte terrestre en Colombia durante 2022.



Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

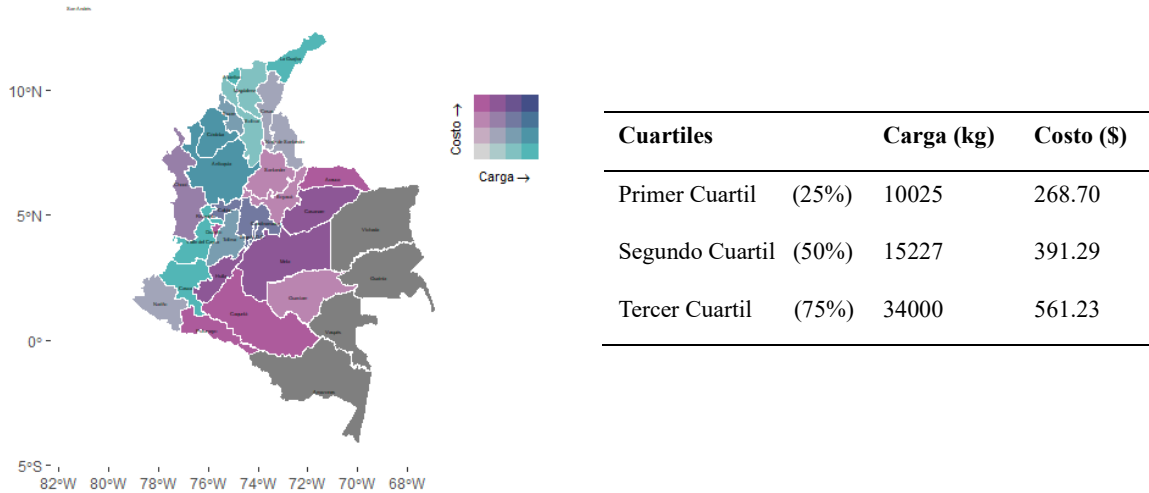
Nota: La unidad de medida es costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada.

La figura 3 (A) muestra la distribución espacial de la carga mediana por departamento en el 2022 en la cual departamentos pertenecientes a la región caribe como Atlántico, Córdoba, Bolívar, Sucre y La Guajira, departamentos del eje cafetero como Risaralda y Tolima, así como Valle del Cauca y Antioquia evidencian las cargas de transporte más altas siendo superiores a 30000 kg, le siguen los departamentos de Caldas, Cundinamarca, Norte de Santander y Cesar con una carga de transporte entre 15000 kg y 30000 kg. Entre los departamentos que presentan cargas entre 10000 kg y 15000 kg se encuentran Casanare, Huila, Nariño, Putumayo, Chocó, Boyacá y Santander. Finalmente, territorios como Arauca, Caquetá, Guaviare y Vichada evidencian una carga inferior a 10000 kg para el periodo en análisis.

En relación con el costo de transporte correspondiente a la figura 3 (B), el departamento de Casanare es el que presenta el costo de transporte más alto siendo superior a \$1000, le sigue el departamento de Caquetá con un costo entre \$800 y \$1000 siendo el segundo departamento con el costo de transporte más alto del país. Los territorios de Arauca, Quindío y Meta evidencian costos de transporte entre \$600 y \$800. Los departamentos de Chocó, Boyacá, Caldas, Huila, Santander, Putumayo y la capital del país registran costos medianos entre \$400 y \$600. Finalmente, los departamentos con los costos de transporte terrestre más bajos son Antioquia, Cundinamarca, Tolima, Guaviare, Cauca, Norte de Santander y la mayor parte de los departamentos que se encuentran en la región caribe del país, presentando costos inferiores a \$400.

Como se observa en la figura 4, los departamentos de Huila, Casanare y Meta presentan los costos de transporte más altos siendo superiores a \$561.23 (cuartil 4) , su carga mediana se encuentra entre 10000 kg y 15.227 kg (cuartil 2) aproximadamente. Si bien los departamentos de Caquetá, Quindío, Arauca y Putumayo también presentan los costos de transporte más altos (superiores a \$561.23), su carga mediana es inferior a 10000 kg siendo estos algunos de los departamentos con la carga de transporte más baja (cuartil 1).

Figura 4. Distribución geoespacial de la relación entre la carga mediana y el costo de carga de transporte terrestre para Colombia en 2022.



Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

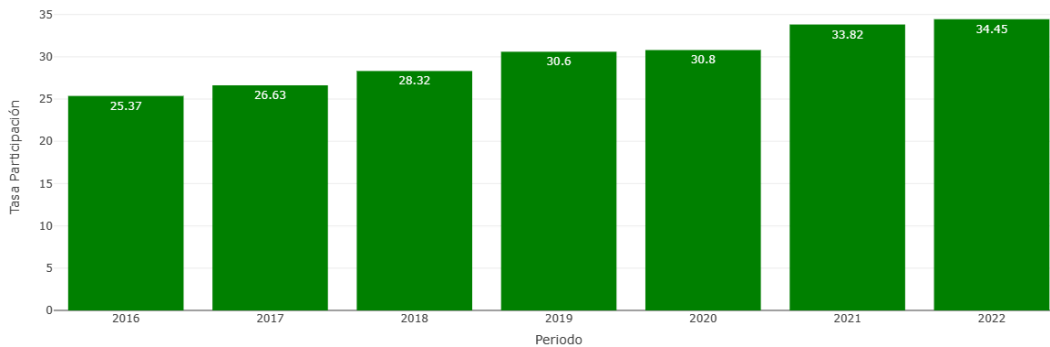
Nota: La unidad de medida es costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada.

Por otra parte, los departamentos de Atlántico, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca y La Guajira son aquellos que registran la carga de transporte más alta la cual como mínimo es de 34000 kg (cuartil 4), sin embargo, presentan los costos de transporte más bajos al ser inferiores a \$268.71 (cuartil 1). Por otro lado, al igual que los departamentos anteriormente mencionados, Antioquia y Córdoba presentan una carga de transporte superior a 34000 kg, pero su costo de transporte se encuentra entre \$268.71 y \$391.29 pesos colombianos.

Nariño, Cesar y Norte de Santander poseen estructuras similares y proporcionales donde tanto el costo de transporte como la carga mediana se ubican en el cuartil 2, ya que sus valores oscilan entre \$268.71 y \$391.29 para el costo de transporte y entre 10025 kg y 15227 kg en el caso de la carga mediana.

Finalmente, el departamento de Chocó presenta una estructura y características únicas en donde el costo de transporte está ubicado en el cuartil 3 al ser de \$520.39 y su carga mediana se posiciona en el cuartil 2 ya que su valor corresponde a 13500 kg aproximadamente.

Figura 5. *Proporción de municipios receptores de carga por vía terrestre desde el departamento de Casanare (2016-2022).*

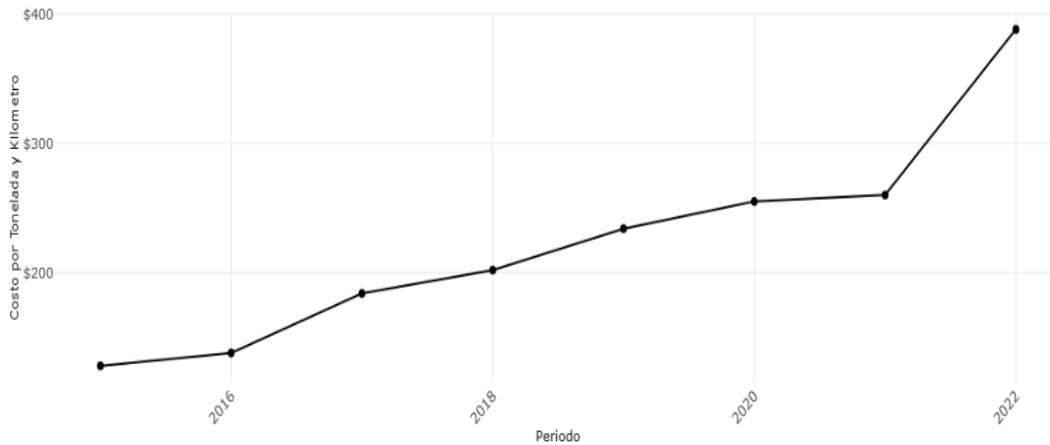


Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

En la figura 5 se describe la proporción de municipios a los que el departamento de Casanare ha enviado cargas por vía terrestre. En general, se evidencia un aumento gradual entre los años 2016 a 2022 pasando de enviar mercancía de un 25.37% al 34.45% de los territorios en los cuales se cuenta con conexiones de movilización de carga por vía terrestre en el país. Durante la pandemia, la estructura de comercio se vio afectada en todo el mundo debido a las restricciones de movimiento y el cierre de fronteras, sin embargo, como este indicador se relaciona con la actividad económica interna, la estructura de comercio se mantuvo estable en la región durante estos periodos, en el año 2022 se presentó la mayor proporción de municipios con un 34.45% del total.

Estos comportamientos podrían indicar que el departamento ha venido ampliando su cobertura de envío de cargas por vía terrestre y mejorando sus capacidades de transporte y logística, lo que le ha permitido llegar a más municipios en Colombia y expandir su presencia en el mercado aportando a la mejora de la competitividad en el territorio y a la diversificación en las redes comerciales.

Figura 6. Evolución de los costos de transporte por tonelada y kilómetro de carga terrestre en Casanare (2015-2022).

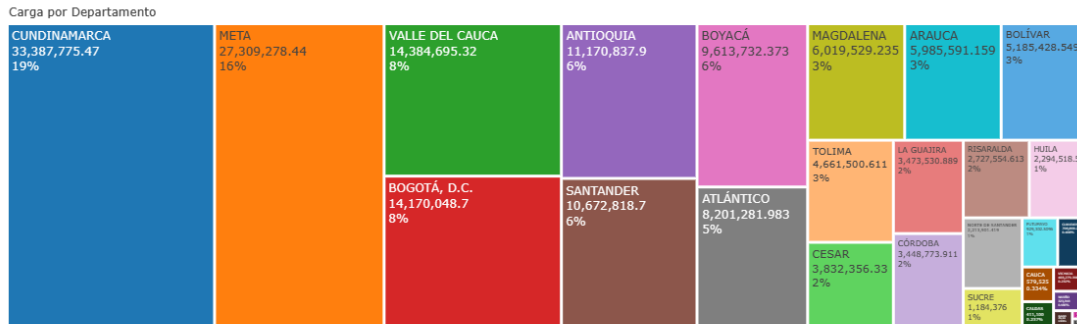


Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Nota: La unidad de medida es costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada.

En términos generales se observa una tendencia ascendente de los costos de transporte por tonelada y kilómetro entre los años de 2015 a 2022 (figura 6). Entre los años de 2015 a 2021 los costos de transporte han ido aumentando de manera gradual. Para el año 2022 se registra el máximo costo de transporte el cual fue de \$388, presentando un aumento de \$128 pesos en comparación con el año 2021 en donde se registró un costo de transporte de \$260.

Figura 7. Distribución de carga movilizada desde Casanare hacia departamentos destino: principales conexiones y porcentajes de movilización.

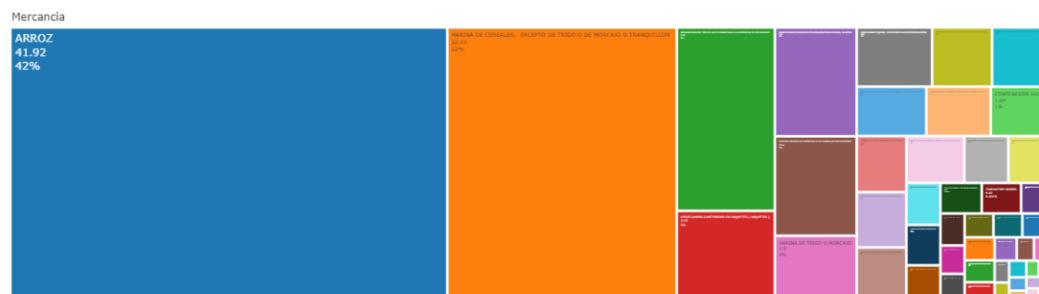


Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Según los datos recopilados, como se observa en la figura 7, la mayor cantidad de carga movilizada bajo modalidad normal desde el departamento de Casanare se dirige hacia el departamento de Cundinamarca, representando alrededor del 19% del total de la carga movilizada a los departamentos en los que se tiene conexión. En segundo lugar, se encuentra el departamento del Meta, con aproximadamente el 16% de la movilización, seguido del departamento de Valle del Cauca y la ciudad de Bogotá, ambos territorios con aproximadamente un 8% de la carga movilizada. Por otro lado, se destaca que los departamentos de Caquetá, Chocó, Quindío, Nariño, Caldas, entre otros, presentan los más bajos porcentajes de la movilización, siendo esta inferior al 1%.

6.3. Análisis del Departamento de Casanare al departamento Valle del Cauca

Figura 8. Análisis de la movilización de carga desde Casanare hacia Valle del Cauca: principales mercancías y su contribución.

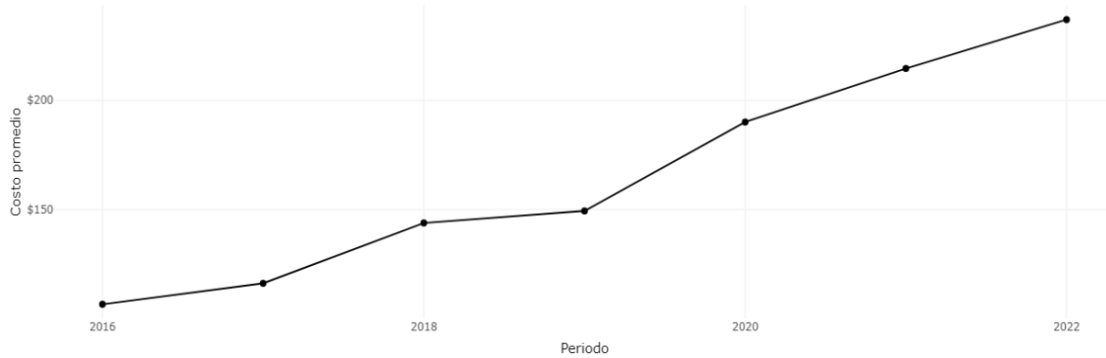


Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Para el análisis sobre el porcentaje de carga movilizada desde el departamento de Casanare hacia el departamento del Valle del Cauca y tomando en cuenta un total de 58 tipos de mercancías, según la figura 8, los resultados muestran que el arroz es la mercancía más movilizada con aproximadamente un 41.92% de la carga total, en segundo lugar, se encuentra la harina de cereales con alrededor de un 22.01% y siendo estas dos mercancías las más movilizadas con aproximadamente un 63.93% del total, hay que tomar en cuenta que Valle del Cauca es un departamento densamente poblado y con una importante actividad en el sector agroindustrial, lo que puede explicar la demanda de este tipo de productos. Le siguen las preparaciones para alimentación animal, misceláneos en paquetes y granos de cereales con porcentajes de 6.28%, 3.13% y 3.11% respectivamente.

Por otro lado, se han identificado mercancías que presentan los menores porcentajes de movilización de carga, como por ejemplo la goma laca, hilos y los motores y máquinas motrices, con menos del 1% de la carga total movilizada.

Figura 9. Evolución del costo por tonelada y kilómetro desde Casanare hacia Valle del Cauca: perspectiva temporal (2016-2022).

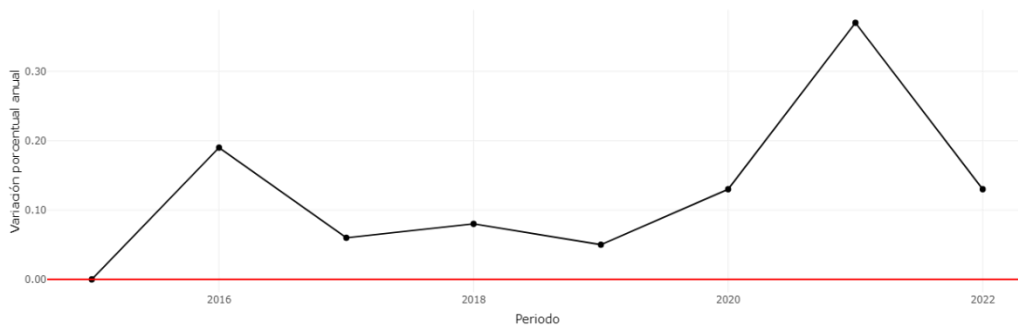


Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Nota: La unidad de medida es costo de carga de transporte terrestre por kilómetro y tonelada.

A partir de los resultados mencionados, se puede evidenciar la estructura del costo promedio de transporte por tonelada y kilómetro, desde el departamento de Casanare hacia el departamento del Valle del Cauca bajo una modalidad de carga normal (figura 9), donde se aprecia un aumento durante los periodos evaluados. Cabe destacar que el aumento en los costos no ha sido uniforme en el tiempo, ya que presenta un incremento moderado en los primeros cuatro años (2016 a 2019), mientras que a partir del año 2019 hasta el año 2022.

Figura 10. Variación del costo de transporte terrestre por tonelada y kilómetro desde Casanare al Valle del Cauca: tendencias y patrones.



Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

La figura 10 muestra que durante el año 2015 no hubo cambios en el costo de transporte por tonelada y kilómetro. Entre los años de 2017 a 2020 las variaciones presentaron un comportamiento constante con valores entre el 6% y 13% aproximadamente. Para el año 2021 se registra un aumento en los costos de transporte, siendo la mayor variación registrada con un valor del 37% respecto al año 2020 y donde para el año siguiente (2022) disminuye a un 13% aproximadamente.

6.4. Relación entre los principales determinantes de infraestructura de Casanare y el costo de carga de transporte terrestre

La gestión administrativa departamental desempeña un papel fundamental en el fortalecimiento de la infraestructura vial, la cual se espera se vea reflejado en las estructuras de los costos de carga de transporte terrestre. El Índice Departamental de Competitividad 2023, (IDC 2023), refleja claramente esta correlación a través de su subpilar de infraestructura vial, que incluye varios indicadores clave presentados en la tabla 1.

Es así como el IDC 2023, ofrecen una visión cuantitativa de la gestión departamental en términos de fortalecimiento de la infraestructura vial. La red vial primaria, tanto en relación con la población como con el área, y el porcentaje de estas vías en buen estado, son reflejos de la calidad y accesibilidad de la infraestructura vial. De manera similar, la red vial a cargo del departamento, su relación con la población y el área, y el porcentaje de estas vías en buen estado, proporcionan información valiosa sobre la gestión local de la infraestructura.

Tabla 1. Principales determinantes del costo de transporte terrestre en Colombia.

Determinante	Descripción
Red vial primaria por cada 100000 habitante	Kilómetros de vías primarias departamentales pavimentadas por cada 100000 habitantes.
Red vial primaria por área	Kilómetros de vías primarias pavimentadas del departamento por cada 100 kilómetros cuadrados de superficie.
Porcentaje de vías primarias en buen estado	Kilómetros de vías primarias pavimentadas en muy buen estado y buen estado como porcentaje del total de vías primarias pavimentadas.
Red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitante	Kilómetros de vías pavimentadas a cargo del departamento por cada 100000 habitantes.
Red vial a cargo del departamento por área	Kilómetros de vías pavimentadas a cargo del departamento por cada 100 kilómetros cuadrados de superficie.
Porcentaje de vías a cargo del departamento en buen estado	Kilómetros de vías pavimentadas a cargo del departamento en buen estado como porcentaje del total de vías pavimentadas a cargo del departamento.

Fuente: Índice Departamental de Competitividad 2023, (IDC).

Estos indicadores tienen un efecto esperado directo en los costos de transporte. Una red vial densa y en buen estado permite un transporte más eficiente y rápido, lo que puede reducir significativamente los costos operativos de las empresas de transporte. En contraste, una red vial en mal estado o insuficiente puede llevar a un aumento de los costos operativos debido a tiempos de viaje más largos, mayor desgaste de los vehículos y una mayor probabilidad de accidentes.

Por lo cual la gestión administrativa departamental es clave en este contexto. Los departamentos tienen el poder de mejorar su infraestructura vial a través de la inversión y el mantenimiento adecuados. Una gestión eficiente puede llevar a una mejor infraestructura, lo que

a su vez puede reducir los costos de transporte. De esta manera, la gestión departamental puede influir directamente en la estructura de costos de transporte.

Como se observa en los resultados presentados en la tabla 2, entre los años de 2015 y 2022 el costo promedio de transporte terrestre en el departamento de Casanare fue de \$243.50 aproximadamente, con un costo mínimo de \$148.00 y un máximo de \$408.32 los cuales están registrados en los años 2015 y 2022 respectivamente.

En relación con los determinantes del costo de transporte, la red primaria por cada 100000 habitantes presenta un comportamiento decreciente pasado de 112.33 km en 2016 a 94.98 km en el año 2022 y en donde el 50% de los kilómetros de vías primarias pavimentadas corresponden a menos de 97.64 km. En el caso de la red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes, se presenta un valor mínimo de 91.57 km en el 2021 y un máximo de 132.58 km registrado en el año 2017.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas del costo de transporte y los determinantes de infraestructura (2015-2022).

Determinante	Mínimo	Máximo	Promedio	Mediana	D. Estándar
Costo de transporte terrestre (COP).	148.00	408.30	243.50	227.20	79.63
Red vial primaria por cada 100000 habitantes (km).	94.98	112.33	101.13	97.64	7.73
Red vial primaria por área (km).	0.91	0.94	0.93	0.94	0.01
Porcentaje de vías primarias en buen estado (%).	64.00	73.00	67.71	67.00	3.31
Red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes (km).	91.57	132.58	116.66	118.10	13.98

Red vial a cargo del departamento por área (km).	0.90	1.22	1.06	1.09	0.11
Porcentaje de vías a cargo del departamento en buen estado (%).	41.00	80.00	68.00	72.50	14.15

Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Por otro lado, la red vial primaria por área ha mantenido una tendencia constante en la que en promedio se tienen 0.93 km de vías primarias pavimentadas por cada 100 kilómetros cuadrados de superficie y alcanzando su máximo valor en los últimos cuatro años (2019-2022) de 0.94 km. Mientras que la red vial a cargo del departamento por área tiene un valor promedio de 1.06 km mostrando una mayor variación ya que su valor mínimo es de 0.90 km y su máximo corresponde a 1.22 km registrados en los años 2021 y 2020 respectivamente.

Finalmente, en el caso del porcentaje de vías primarias en buen estado, estas se encuentran por debajo del 75% puesto que su máximo valor que fue obtenido en el año 2022 corresponde a un 73% aproximadamente, evidenciando así una variabilidad que ronda el 3.31%. Por otra parte, el porcentaje de vías primarias en buen estado a cargo del departamento presenta una mayor variabilidad siendo alrededor del 14.15%, su porcentaje mínimo es de 41% (año 2016) y un máximo es de aproximadamente un 80% de vías a cargo del departamento en buen estado en el año 2021.

Estos análisis descriptivos nos llevan a reflexionar sobre la posible relación entre los determinantes de infraestructura vial y los costos de carga de transporte terrestre en los departamentos. Con el fin de evaluar las posibles relaciones existentes se implementó el análisis de correlación cruzada, este método busca analizar los cambios relacionados o asociados entre

series temporales por medio de “rezagos”. Si un rezago es positivo, esto indica que los cambios en la primera serie temporal ocurren antes de los cambios en la segunda serie temporal, por ejemplo, si se está evaluando cómo los cambios en la infraestructura vial afectan a los costos de transporte terrestre en el futuro, los rezagos positivos son los adecuados, ya que especificarían que los cambios en la infraestructura vial preceden a los cambios en los costos de transporte. Por otro lado, si un rezago es negativo, esto sugiere que los cambios en la primera serie temporal ocurren después de los cambios en la segunda serie temporal en donde se estaría evaluando cómo los cambios en los costos pasados pueden estar relacionados con la infraestructura vial.

Es importante tener en cuenta que esta correlación no necesariamente implica causalidad, lo que quiere decir que incluso si dos variables están altamente correlacionadas, no necesariamente se puede establecer una relación directa entre ellas.

Tabla 3. *Correlación cruzada entre el costo de transporte y cada determinante de infraestructura.*

Indicador	Rezagos			
	0	1	2	3
Red vial primaria por cada 100000 habitantes.	-0.73	-0.34	0.24	0.33
Red vial primaria por área.	0.83	0.08	-0.12	-0.35
Porcentaje de vías primarias en buen estado.	0.37	0.50	0.40	-0.21
Red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes.	-0.56	-0.52	-0.14	0.28
Red vial a cargo del departamento por área.	-0.04	-0.32	-0.38	0.05
Porcentaje de vías a cargo del departamento en buen estado.	0.66	-0.08	-0.03	-0.26

Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Los análisis presentados fueron realizados tomando en cuenta la ventana de observación entre los años 2016 y 2021, ya que para algunos periodos no se dispone de información de algunos determinantes. Los datos se encuentran disponibles en el anexo del documento en la tabla 5 *Correlación cruzada entre el costo de transporte y cada determinante de infraestructura*.

Los resultados presentados en la tabla 3 evidencian que en el rezago 0 existe una correlación negativa fuerte entre la red vial primaria y los costos de transporte en el mismo período, lo que sugiere que un aumento en la red vial primaria en el mismo período está asociado con una disminución significativa en los costos de transporte. Por otro lado, se presenta una relación negativa de menor magnitud en el rezago 1 la cual es de 0.34, lo que indica que un aumento en la red vial primaria en el período actual está relacionado con una disminución en los costos de transporte en el período siguiente.

En el caso de la red vial primaria por área, en el rezago 0 se muestra una correlación positiva fuerte (0.83) entre este determinante y los costos de transporte terrestre. Indicando así que un aumento en la red vial primaria por área en el mismo período está asociado con un aumento significativo en los costos de transporte terrestre. Por otro lado, en el rezago 3 se muestra una correlación negativa de mayor magnitud que el rezago 2, pero menor que la del rezago 0, lo que sugiere que un aumento en la red vial primaria por área en el periodo actual genera una disminución en los costos de transporte terrestre en el tercer periodo a futuro.

En relación con el porcentaje de vías primarias en buen estado y el costo de transporte terrestre, estos indicadores presentan comportamientos positivos y moderados en los rezagos 0, 1 y 2 con correlaciones cruzadas moderadas de 0.37, 0.50 y 0.40 respectivamente, esto es un indicativo de que un aumento en el porcentaje de vías primarias en buen estado en el periodo actual

está asociado con un aumento en los costos de transporte terrestre en el periodo actual como en los próximos dos periodos a futuro.

Los costos de transporte terrestre y el determinante de la red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes presentan una correlación cruzada de -0.56 y -0.52 en los rezago 0 y 1 respectivamente, esta particularidad exhibe que un mayor número de kilómetros de red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes en el mismo período generara una disminución moderada en los costos de transporte terrestre para el periodo actual y posterior.

La red vial a cargo del departamento por área está relacionada negativamente con los costos de transporte en los rezagos 1 y 2, con valores de -0.32 y -0.38 respectivamente, si bien estas asociaciones no son muy fuertes, indican que un mayor número de kilómetros de red vial a cargo del departamento por área en el periodo actual está asociado con una disminución en los costos de transporte terrestre para los dos periodos posteriores al actual.

Finalmente, el porcentaje de vías primarias en buen estado que se encuentran a cargo del departamento evidencia una alta correlación positiva (0.66) en el rezago 0 en relación con los costos de transporte terrestre, lo que sugiere que un mayor porcentaje de vías en buen estado en el mismo período (actual) conlleva a aumento significativo en los costos de transporte terrestre, mientras que en los demás periodos especificados no se presentan fuertes asociaciones entre el determinante y los costos de transporte, ya que son inferiores a 0.30 indicando que aumentos o disminuciones de los determinantes en un periodo actual no afecta los costos de transporte futuros.

7. Conclusiones

7.1. Estructura de costos de carga de transporte generales.

Los hallazgos de la investigación revelan una tendencia al alza en los costos de transporte terrestre, evidenciando un aumento gradual en el costo mediano de carga por kilómetro y tonelada en los departamentos analizados. Este fenómeno refleja un incremento generalizado en el costo de transporte en Colombia. En el contexto de políticas públicas, esta tendencia señala la necesidad de implementar medidas para mitigar los incrementos en los costos de transporte, tales como incentivos fiscales para empresas de transporte, con el fin de fomentar la eficiencia y reducir los costos generales.

El estudio detalló que el departamento de Risaralda registró el costo mediano de transporte más alto, alcanzando \$696.49 en 2022, seguido por Caquetá, Quindío y Chocó. En contraste, el departamento de La Guajira reportó el costo mediano más bajo en 2015, con \$75.27. Estos hallazgos sugieren que las políticas públicas deberían considerar la implementación de estrategias diferenciadas por departamento, para abordar las disparidades en los costos de transporte y buscar la equidad en este aspecto.

En términos de crecimiento anual, Caldas lidera con un incremento promedio anual más alto en los costos de transporte terrestre, alcanzando alrededor del 20.80% mientras que Magdalena es el departamento con el menor crecimiento anual siendo del 9.55%. Estos datos subrayan la importancia de políticas enfocadas en regular los aumentos excesivos en los costos de transporte, al tiempo que se buscan mecanismos para replicar las experiencias exitosas en aquellas regiones donde los costos han disminuido.

Por otro lado, las comparaciones regionales revelaron disparidades en los costos de transporte entre los departamentos. En este sentido, las políticas públicas podrían enfocarse en promover la competencia en aquellos departamentos con costos medianos más altos, a fin de impulsar la eficiencia y la reducción de costos. De igual forma, en los departamentos con costos medianos similares, se podrían explorar oportunidades de cooperación y optimización de los costos de transporte.

Finalmente, la variabilidad en los costos de transporte también indica la necesidad de políticas que garanticen la estabilidad y predictibilidad de los costos de transporte. Los departamentos con mayor variabilidad podrían beneficiarse de medidas de mitigación de riesgos, como fondos de estabilización o seguros, que podrían ayudar a las empresas de transporte a manejar las fluctuaciones en los costos.

7.2. Análisis del caso para el departamento de Casanare

La investigación realizada ha arrojado luz sobre la estructura de costos de transporte terrestre en el departamento de Casanare en Colombia durante el año 2022. A partir de los hallazgos del estudio, se identifican varias implicaciones para la política pública.

Se identificó que los departamentos con las cargas de transporte más altas eran principalmente de la región del Caribe y el eje cafetero, mientras que los departamentos con la carga de transporte más bajas fueron Arauca, Caquetá, Guaviare y Vichada. Este patrón indica la necesidad de implementar políticas que promuevan una distribución más equitativa de la carga de transporte, lo que podría ayudar a mejorar la eficiencia logística en todo el país.

El estudio también reveló que Casanare tenía el costo de carga de transporte más alto del país, seguido de Caquetá. En contraste, los departamentos con los costos de carga de transporte terrestre más bajos se ubicaban principalmente en la región del Caribe. Para abordar esta disparidad, las políticas públicas podrían dirigirse a reducir los costos de transporte en los departamentos con los costos más altos, posiblemente a través de subsidios o incentivos fiscales para las empresas de transporte.

Además, se encontró una relación inversa entre la carga y el costo de transporte. Los departamentos de Huila, Casanare y Meta tenían costos de transporte altos pero una carga mediana relativamente baja. Por otro lado, los departamentos de Atlántico, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca y La Guajira registraron la carga de transporte más alta, pero tenían los costos de transporte más bajos. Este hallazgo sugiere que existen oportunidades para mejorar la eficiencia en los departamentos con alta carga y costos bajos de transporte, tal vez a través de la mejora de las infraestructuras de transporte o de la optimización de las rutas de transporte.

Se observó una expansión en la cobertura de envío en Casanare desde 2016 hasta 2022. Este patrón es positivo y sugiere que las políticas públicas orientadas a mejorar las capacidades de transporte y logística en este departamento han tenido éxito. Sin embargo, dado el aumento en los costos de transporte en el mismo periodo, sería beneficioso explorar políticas que puedan ayudar a mitigar este aumento de costos.

Finalmente, la investigación encontró que la mayor cantidad de carga movilizada desde Casanare se dirigía a Cundinamarca, seguido por Meta, Valle del Cauca y Bogotá. Este patrón podría indicar que existen rutas de transporte eficientes entre estos departamentos. Sin embargo, dado que los departamentos como Caquetá, Chocó, Quindío, Nariño y Caldas tuvieron los

porcentajes más bajos de movilización de carga, se podrían implementar políticas para mejorar las conexiones de transporte y fomentar una distribución más equitativa de la carga de transporte en todo el país.

7.3. Análisis de gestión administrativa de infraestructura vial caso de Casanare

La infraestructura vial y su gestión administrativa desempeñan un papel crítico en la determinación de los costos de transporte terrestre, tal como se revela los indicadores propuestos en el subpilar de infraestructura presentado en el Índice Departamental de Competitividad (IDC). Los hallazgos apuntan hacia una relación entre la densidad y la calidad de la red vial, y los costos de carga de transporte terrestre de las empresas. Este análisis subraya la importancia de políticas públicas efectivas en el desarrollo y el mantenimiento de la infraestructura vial.

Para el caso del departamento de Casanare, los análisis realizados mediante correlación cruzada entre los determinantes de infraestructura vial y los costos de transporte terrestre en Colombia han arrojado resultados interesantes. Es importante tener en cuenta que la correlación no implica necesariamente causalidad, pero puede proporcionar indicios sobre posibles relaciones entre las variables.

Con relación a la red vial primaria por cada 100000 habitantes, se observa una correlación negativa fuerte en el desfase 0, lo que indica que un aumento en esta red vial en el mismo período está asociado con una disminución significativa en los costos de transporte. Además, en el desfase 1 se encuentra una relación negativa de menor magnitud, lo que sugiere que un aumento en la red vial primaria en el período actual está relacionado con una disminución en los costos de transporte en el período siguiente.

En cuanto a la red vial primaria por área, se presenta una correlación positiva fuerte en el desfase 0, lo que indica que un aumento en esta red vial en el mismo período está asociado con un aumento significativo en los costos de transporte terrestre. Por otro lado, en el desfase 3 se observa una correlación negativa de mayor magnitud que en el desfase 2, lo que sugiere que un aumento en la red vial primaria por área en el período actual genera una disminución en los costos de transporte terrestre en el tercer período a futuro.

En relación con el porcentaje de vías primarias en buen estado, se encuentra una correlación positiva moderada en los desfases 0, 1 y 2, lo que indica que un aumento en este porcentaje en el período actual está asociado con un aumento en los costos de transporte terrestre en el período actual y en los próximos dos períodos a futuro.

En cuanto a la red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes, se observa una correlación negativa en los desfases 0 y 1, lo que sugiere que un mayor número de kilómetros de red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes en el mismo período genera una disminución moderada en los costos de transporte terrestre para el período actual y el siguiente.

Por otro lado, la red vial a cargo del departamento por área presenta una correlación negativa en los desfases 1 y 2, lo que indica que un mayor número de kilómetros de red vial a cargo del departamento por área en el período actual está asociado con una disminución en los costos de transporte terrestre para los dos períodos posteriores.

Finalmente, el porcentaje de vías primarias en buen estado a cargo del departamento muestra una alta correlación positiva en el desfase 0, lo que sugiere que un mayor porcentaje de vías en buen estado en el mismo período está asociado con un aumento significativo en los costos

de transporte terrestre. Sin embargo, en los demás desfases no se encuentran asociaciones fuertes entre este determinante y los costos de transporte.

Estos hallazgos sugieren que la infraestructura vial es un factor determinante en los costos de transporte terrestre en Casanare. Un aumento en la red vial primaria y el porcentaje de vías primarias en buen estado puede contribuir a la reducción de los costos de transporte, mientras que un mayor número de kilómetros de red vial a cargo del departamento puede también tener un impacto positivo en la disminución de los costos de transporte terrestre. Por otro lado, se observa que el estado de las vías a cargo del departamento puede tener efectos contradictorios, ya que un mayor porcentaje de vías en buen estado puede estar asociado tanto con aumentos como con disminuciones en los costos de transporte, dependiendo del período de análisis.

Estos resultados subrayan la importancia de la inversión en infraestructura vial como una estrategia para reducir los costos de transporte terrestre y mejorar la competitividad. Un desarrollo adecuado de la red vial primaria, tanto en términos de su extensión como de su calidad, puede tener un impacto significativo en la eficiencia y la efectividad del transporte de mercancías. Al mejorar la conectividad y la accesibilidad de las diferentes regiones del país, se pueden reducir los tiempos de viaje y los costos asociados, lo que a su vez puede promover el comercio interdepartamental y fortalecer la integración económica nacional.

Sin embargo, también es importante considerar que la inversión en infraestructura vial debe ser complementada con una gestión administrativa eficiente. La planificación estratégica, el mantenimiento adecuado de las vías, la implementación de políticas de transporte efectivas y la coordinación entre diferentes entidades y actores del sector son elementos clave para garantizar el

óptimo funcionamiento del sistema de transporte terrestre y maximizar los beneficios de la infraestructura existente.

Además, es relevante tener en cuenta que la correlación encontrada en este estudio no implica una relación de causalidad directa entre los determinantes de infraestructura vial y los costos de carga de transporte terrestre. Existen múltiples factores que pueden influir en los costos de transporte, como los precios del combustible, los impuestos y aranceles, las regulaciones gubernamentales, entre otros. Por lo tanto, es necesario realizar análisis más detallados y estudios adicionales para comprender completamente las interacciones y relaciones causales entre los diferentes factores que influyen en los costos de transporte terrestre.

8. Referencias

- Alonso-Villar, O. (2007). A reflection on the effects of transport costs within the new economic geography. *Review of Urban & Regional Development Studies: Journal of the Applied Regional Science Conference*, 19(1), 49-65.
- Arroyave, E. A. M., & Rodríguez, K. G. (2022). Transformaciones de la movilidad y la accesibilidad de los territorios a partir de la construcción de infraestructura vial. Caso autopistas para la prosperidad en Antioquia. *Manifestaciones*, 255.
- Banister, D., & Berechman, Y. (2001). Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of transport geography*, 9(3), 209-218.
- Bengtsson, H. (2022). *matrixStats: Functions that Apply to Rows and Columns of Matrices (and to Vectors)*. <https://CRAN.R-project.org/package=matrixStats>
- Combes, P.-P., & Lafourcade, M. (2005). Transport costs: Measures, determinants, and regional policy implications for France. *Journal of economic geography*, 5(3), 319-349.
- Fajgelbaum, P. D., & Schaal, E. (2020). Optimal transport networks in spatial equilibrium. *Econometrica*, 88(4), 1411-1452.
- Mukherjee, A., Pal, P., & Goswami, R. (2013). Facilitating Trade and Improving Competitiveness through Improved Road Network: Issues and Way Forward. *Foreign Trade Review*, 48(2), 247-254.
- Olper, A., & Raimondi, V. (2009). Patterns and determinants of international trade costs in the food industry. *Journal of Agricultural Economics*, 60(2), 273-297.
- Prener, C., Grossenbacher, T., & Zehr, A. (2022). *biscale: Tools and Palettes for Bivariate Thematic Mapping*. <https://CRAN.R-project.org/package=biscale>

- Puente-Ajovín, M., & Sanz-Gracia, F. (2021). Transport costs in new economic geography models: A more realistic approach. *International Journal of Economic Theory*, 17(3), 221-233.
- Rodriguez, J.-P. (2016). Transport geography. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology: People, the Earth, Environment and Technology*, 1-9.
- Trapletti, A., & Hornik, K. (2023). *tseries: Time Series Analysis and Computational Finance*.
<https://CRAN.R-project.org/package=tseries>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
<https://ggplot2.tidyverse.org>
- Yu, N., De Jong, M., Storm, S., & Mi, J. (2012). Transport infrastructure, spatial clusters and regional economic growth in China. *Transport Reviews*, 32(1), 3-28.

9. Anexo

1. Prueba Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) para estacionariedad

La prueba KPSS se emplea en el análisis de series de tiempo con el fin de evaluar la estacionariedad de una serie, en R, se puede realizar la prueba KPSS utilizando la función *kpss.test* de la librería *tseries* (Trapletti & Hornik, 2023) la cual toma en cuenta las dos formas principales de estacionariedad, las cuales son:

- **Estacionariedad en sentido estricto**

La estacionariedad en sentido estricto se presenta cuando las distribuciones conjuntas de las observaciones no varían en el tiempo. Esto implica que la media, la varianza y las covarianzas no dependen del tiempo.

- **Estacionariedad en sentido amplio**

Una serie de tiempo es considerada débilmente estacionaria cuando la media y varianza se mantienen constantes en el tiempo, y si la covarianza entre dos puntos de tiempo solo depende de la diferencia entre ellos.

En esta prueba, la hipótesis nula indica que la serie de tiempo es estacionaria, mientras que la hipótesis alternativa afirma que la serie de tiempo es no estacionaria. El estadístico de prueba es el siguiente:

$$\text{Estadístico KPSS} = T \frac{S^2}{\sigma^2}$$

Donde T es la cantidad de observaciones en la serie de tiempo, S^2 es la varianza estimada de los residuos de la regresión que se ajusta en la prueba KPSS y σ^2 corresponde a la varianza estimada bajo la hipótesis nula de estacionariedad, la cual se obtiene a partir del modelo ajustado en la prueba KPSS.

Si el valor del estadístico de prueba es superior al valor crítico del nivel de significancia especificado, se rechaza la hipótesis nula de estacionariedad, lo que indica la presencia de no estacionariedad en la serie temporal. Por otro lado, si el valor del estadístico de prueba es inferior o igual que el valor crítico correspondiente al nivel de significancia predefinido, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula y se concluye que la serie de tiempo es estacionaria. El *p valor* también permite evaluar la significancia estadística del resultado, ya que si el *p valor* es menor que el nivel de significancia predefinido (por ejemplo 0.05), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la serie de tiempo es no estacionaria.

Tabla 4. Datos del costo de transporte terrestre y sus principales determinantes de infraestructura (2015-2022).

Indicador	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Costo de transporte terrestre (COP).	148.00	186.02	215.50	201.43	238.85	264.08	285.91	408.32
Red vial primaria por cada 100000 habitantes (km).	--	112.33	113.27	98.76	97.64	96.27	95.69	94.98
Red vial primaria por área (km).	--	0.91	0.93	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94
Porcentaje de vías primarias en buen estado (%).	--	69.00	65.00	64.00	67.00	66.00	70.00	73.00
Red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes (km).	--	119.86	132.58	116.34	114.15	125.47	91.57	--
Red vial a cargo del departamento por área (km).	--	0.97	1.09	1.10	1.09	1.22	0.90	--
Porcentaje de vías a cargo del departamento en buen estado (%).	--	41.00	76.00	69.00	76.00	68.00	80.00	--

Fuente: Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC).

Tabla 5. Correlación cruzada entre el costo de transporte y cada determinante de infraestructura.

Indicador	Rezago								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Red vial primaria por cada 100000 habitantes.	0.58	0.14	-0.39	-0.64	-0.73	-0.34	0.24	0.33	0.25
Red vial primaria por área.	-0.35	-0.13	0.47	0.50	0.83	0.08	-0.12	-0.35	-0.23
Porcentaje de vías primarias en buen estado.	-0.07	-0.45	-0.36	-0.09	0.37	0.50	0.40	-0.21	-0.03
Red vial a cargo del departamento por cada 100000 habitantes.	0.36	0.19	-0.05	-0.06	-0.56	-0.52	-0.14	0.28	0.00
Red vial a cargo del departamento por área.	-0.07	0.11	0.27	0.48	-0.04	-0.32	-0.38	0.05	-0.22
Porcentaje de vías a cargo del departamento en buen estado.	-0.17	0.04	0.49	0.17	0.66	-0.08	-0.03	-0.26	-0.07

Fuente: Cálculos propios con base a la información proveniente del Registro Nacional de Despacho de Carga- (RNDC).