

DOCUMENTOS DE
TRABAJO SOBRE
**ECONOMÍA
REGIONAL
Y URBANA**



Impacto de los desastres
naturales en la Vía al Llano
sobre el movimiento de carga

Por:
Jhorland Ayala-García
Danna Pérez-Ruidiaz

Núm. 329
Octubre, 2024



Centro de Estudios Económicos
Regionales (CEER) - Cartagena

Impacto de los desastres naturales en la Vía al Llano sobre el movimiento de carga

Jhorland Ayala-García

Centro de Estudios Económicos Regionales - CEER
jayalaga@banrep.gov.co

Danna Pérez-Ruidiaz*

dannaluz50@gmail.com

La serie **Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana** es una publicación del Banco de la República en Cartagena. Las opiniones contenidas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

Resumen

Los costos de transporte representan uno de los principales determinantes del comercio subnacional. Los desastres naturales como los deslizamientos de tierra pueden afectar vías principales y reducir el movimiento de carga entre ciudades. La vía Bogotá – Villavicencio en Colombia, conocida como la Vía al Llano, la cual es fundamental para el transporte de productos desde y hacia la región de los llanos orientales, enfrenta desafíos debido a su ubicación geográfica. Este documento analiza cómo los desastres naturales afectan el movimiento de carga por esta vía, así como los costos de fletes para los transportadores. Con datos del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC) del Ministerio de Transporte y los reportes de estados de las vías del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), se encuentra que los desastres naturales que afectan la Vía al Llano incrementan el valor del flete, y disminuyen el volumen de mercancías transportadas por dicha vía. Esto demuestra que los desastres naturales tienen un efecto negativo sobre el comercio nacional, lo cual puede afectar la dinámica económica regional ante las amenazas del cambio climático.

Palabras claves: desastres naturales, comercio subnacional, vías, costos de transporte.

Clasificación JEL: Q54, R11, R12, R41.

* Los autores son respectivamente: Economista del Banco de la República – Sucursal Cartagena y supervisora en el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de Jaime Bonet, Gerson Javier Pérez y Luis Armando Galvis.

Impact of natural disasters on the Vía al Llano on freight transportation

Jhorland Ayala-García

jayalaga@banrep.gov.co

Danna Pérez-Ruidiaz*

dannaluz50@gmail.com

The series **Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana** is a publication of Banco de la República in Cartagena. The opinions contained in this document are the sole responsibility of the authors and do not commit Banco de la República or its Board of Directors.

Abstract

Transportation costs represent one of the main determinants of the level of subnational trade, and natural disasters such as landslides can affect main roads and reduce the movement of cargo between two cities. The Bogotá – Villavicencio highway in Colombia, known as the Vía al Llano, which is essential for the transportation of products to and from the eastern plains region, faces challenges due to its geographical location. This document studies how natural disasters affect the movement of cargo along this route, as well as freight faced by transporters. With data from the National Registry of Freight Dispatch (RNDC) of the Ministry of Transportation and the state reports of the roads from the National Highway Institute (INVIAS), it is found that natural disasters that affect the Vía al Llano increase the freight cost and reduce the volume of goods transported. This shows that natural disasters have a negative effect on subnational trade, which can affect regional economic dynamics in the face of the threats of climate change.

Keywords: natural disasters, subnational trade, roads, transportation costs.

JEL Classification: Q54, R11, R12, R41.

* The authors are respectively: Economist of Banco de la República – Cartagena Branch and supervisor at *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas* - DANE. The authors are thankful for the comments and suggestions of Jaime Bonet, Gerson Javier Pérez, and Luis Armando Galvis.

1. Introducción

Las carreteras son pieza clave para el desarrollo económico (González, 2004; Gutiérrez-Lesmes, 2015; García, 2019; Carpio, 2019), dado que permiten integrar territorios y transformar regiones y naciones (Obregón, 2008; Gutiérrez-Lesmes, 2015). Una infraestructura vial competitiva impulsa la economía del país, además de reducir los tiempos de desplazamientos y los costos logísticos, lo que contribuye a una mayor competitividad y desarrollo en todas las regiones involucradas (García, 2019; Carpio, 2019). Asimismo, el crecimiento acelerado en las distintas actividades económicas, como la minería, la agricultura y el comercio, genera una creciente necesidad de medios de transporte de carga que supere la capacidad actual de las vías (González, 2004; Gutiérrez-Lesmes, 2015). Este crecimiento marca la necesidad de conexión de zonas alejadas que son muy productivas hacia centros urbanos (García, 2019), creando un círculo virtuoso entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico.

Actualmente, Colombia es un país donde la carga se moviliza principalmente por carretera. Por ejemplo, en 2022 se movilizaron por el país un total de 301 millones de toneladas, de las cuales 263 millones se movilizaron por carretera, representando el 87% (Ministerio de Transporte, 2022). Este modo de transporte ha ganado importancia con el paso de los años, pues para el 2005 el porcentaje de carga que se movilizaba por carreteras era del 80% (Pérez – Valbuena, 2005). Lo anterior es consistente con lo que se observa en Latinoamérica, donde países como Argentina, México y Uruguay registran que más del 70% de la carga se moviliza por carreteras, al igual que sucede en países como España y Francia (Barbero y Guerrero, 2017). Por lo tanto, resulta primordial conectar aquellas regiones con gran relevancia en distintos sectores productivos y mejorar los tiempos de desplazamiento.

La antigua Vía al Llano que conectaba a Bogotá y Villavicencio, capital del departamento del Meta, pasó de ser un camino de herradura que se recorría entre dos y tres días¹ a una carretera propiamente dicha construida entre 1924 y 1936 (Duque, 2019; Cámara de Comercio de Villavicencio, 2019). Se estima que en ese momento el tiempo de desplazamiento entre Bogotá y Villavicencio era de aproximadamente seis horas entre 1936 y 1994, mientras que actualmente el recorrido se puede realizar en tres horas (García, 2019).

¹ La distancia entre ambas ciudades en línea recta se estima en 71 km.

En adición, la vía estaba sujeta a la ocurrencia frecuente de desastres naturales que obligaban a cierres totales, generando pérdidas económicas y humanas importantes (Departamento Nacional de Planeación, 1993). Entre los eventos de mayor impacto se encuentran la tragedia de Quebrada Blanca en 1974, la cual cobró la vida de cerca de 300 personas, y los deslizamientos de Chirajara en 1991 que ocasionaron pérdidas económicas de cerca de US\$80 millones de la época (García, 2019; Departamento Nacional de Planeación, 1993).

Por tal motivo, en 1994 se decidió construir la nueva vía Bogotá – Villavicencio mediante la firma del contrato de concesión número 444 entre el Instituto Nacional de Vías (Invias) y la Concesionaria Vial de los Andes (COVIANDES), para reducir el tiempo de viaje y permitir el progreso de la región (Departamento Nacional de Planeación, 1993; Cámara de Comercio de Villavicencio, 2019). Con esta propuesta se estimaba que el tiempo de desplazamiento entre la capital del país y Villavicencio se reduciría a solo 90 minutos, y se disminuiría la vulnerabilidad ante los constantes deslizamientos de tierra que sufría la anterior vía (Departamento Nacional de Planeación, 1993).

La nueva vía Bogotá – Villavicencio, también conocida como la nueva Vía al Llano, es uno de los corredores más importantes del país, pues por esta vía se surte el 48% de la demanda de alimentos de Bogotá y entre el 50% y el 70% de la carne de cerdo y de res (Cámara de Comercio de Villavicencio, 2018, 2019; Gutiérrez-Lesmes, 2015; Castro-Garzón et al., 2021). La carretera une la capital de Colombia con Villavicencio, el cual es el centro de acopio de productos más importante de los llanos orientales por su conexión con la región de la Orinoquia y Bogotá (Castro-Garzón et al., 2021). Esta importante ruta tiene 86 kilómetros divididos en tres tramos, (i) el primero en el sector de Usme en la salida de Bogotá hasta El Tablón, (ii) sigue con la doble calzada El Tablón – Chirajara, y, por último, (iii) el tramo de Chirajara hasta Villavicencio. El tiempo de recorrido estimado entre Bogotá y Villavicencio es de tres horas. Esta importante vía hace parte de la Ruta Nacional 40, la cual busca unir el Pacífico colombiano con las principales ciudades del centro del país y los Llanos orientales, atravesando desde Buenaventura (Valle del Cauca) hasta Puerto Carreño (Vichada). La Ruta

Nacional 40 aún se encuentra en construcción del tramo faltante entre Puente Armenia (Meta) y Puerto Carreño (Vichada)².

En la actualidad, la Vía al Llano cuenta con tres peajes por los que transitan en promedio 11.000 vehículos diariamente (Agencia Nacional de Infraestructura, 2018): i) el peaje de Boquerón, subdividido en I y II, ii) el peaje de Naranjal, y iii) el peaje de Pipiral. Existen solo dos vías adicionales que sirven para conectar la capital del Meta con Bogotá, las cuales se encuentran en mal estado, además de que su recorrido es más largo. Las alternativas son la Transversal del Sisga de 137 Km, que se recorre en 8 horas, y el corredor Briceño–Tunja-Sogamoso de 350 Km, que se transita en 11 horas. Esto posibilitaría la entrada de productos provenientes de los cuatro departamentos que componen los llanos orientales (Meta, Casanare, Vichada y Arauca), los cuales son importantes productores agrícolas, pecuarios y mineros. Tratándose del sector turístico, la región de los Llanos se caracteriza por amplias llanuras y sabanas que son vistos como suelo rural y paisajes naturales (Gutiérrez-Lesmes, 2015).

Aunque esta vía se convirtió en la más representativa del Llano y es la que trae más recursos a la región (García, 2019), ha presentado muchos problemas. La más notable dificultad es su ubicación. Esta carretera fue construida en una cordillera sedimentada que aún se encuentra en formación y con un elevado grado de afectación tectónica, acompañado de un alto nivel de lluvias (Duque, 2019; Jara, 2018). Se ha identificado que los desplazamientos de suelo afectan en gran medida la infraestructura vial, especialmente en invierno (Jiménez 2022; García 2019). En la construcción de la Vía al Llano se presentaron graves problemas de ingeniería (Jara, 2018; Duque, 2019). Construir una carretera en un terreno montañoso y en presencia de una cordillera puede provocar riesgos inevitables. La topografía y la geología del área puede dar lugar a deslizamientos de tierra, erosión y otros problemas relacionados con el terreno. Esto da lugar a la búsqueda de soluciones avanzadas en el campo de la ingeniería, además de un enfoque cuidadoso en la mitigación de riesgos.

Los costos de transporte representan uno de los principales determinantes del comercio subnacional, y desastres naturales como los deslizamientos de tierra pueden afectar las vías

² Más información en: <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11413/invias-avanza-en-obras-de-pavimentacion-de-la-transversal-de-la-altillanura-entre-meta-y-vichada/>

principales y reducir el movimiento de carga entre dos ciudades. La distancia desde la región importadora impacta negativamente el transporte de mercancías (Ham et al., 2005; Filatov y Novikova, 2015). La destrucción de la infraestructura de transporte obstaculiza la actividad económica y la competitividad empresarial (Ham et al., 2005). Estos eventos subrayan la urgencia de fortalecer la resiliencia y la gestión efectiva de la infraestructura de transporte destacando desafíos económicos a largo plazo (Liu et al., 2023; Yang et al., 2023).

Durante los desastres naturales, los tiempos de viaje se ven significativamente incrementados por el mal estado de las carreteras, debido a reducciones en la velocidad de los conductores que generan incrementos considerables en los costos logísticos y de transporte asociados al comercio (Hassan et al., 2016; Pregnolato et al., 2017; Ahmed y Ghasemzadeh, 2018). Este aumento se agrava con desvíos hacia vías secundarias igualmente deterioradas (Diakakis et al., 2020; Singh et al., 2018), lo cual conlleva incrementos en las distancias recorridas. Investigaciones recientes (Ham et al., 2005; Park et al., 2011; Xu & Kouwoaye, 2019; Hamano & Vermeulen 2020) han arrojado luz sobre la gravedad de estos impactos, especialmente en la vulnerabilidad de las vías y el transporte de mercancías (Khademi et al., 2015; Singh et al., 2018; Gecchele et al., 2019; Zhang et al., 2020; Morelli y Cunha, 2021; Liu et al., 2021).

Además, la falta de competencia en los mercados de transporte también contribuye a mantener los costos elevados durante un desastre natural (Rizet y Hine, 1993; Ham et al., 2005; Gossler et al., 2019). En situaciones de emergencia, los desastres naturales afectan las relaciones comerciales regionales debido al cierre temporal de instalaciones de producción y la infraestructura vial dañada, dificultando el acceso y la disponibilidad de bienes (Ham et al., 2005; Xu & Kouwoaye, 2019; Hamano & Vermeulen 2020). De ahí la importancia de analizar la interrelación entre la actividad económica, la infraestructura de transporte y los costos asociados (Park et al., 2011).

Finalmente, la carretera Bogotá – Villavicencio ha impactado en lo económico, social y ambiental. Cambios como en el paisaje, el ordenamiento territorial, en la población y en la manera como se percibe la importancia de contar con un medio de transporte que responda a la velocidad del desarrollo regional (Gutiérrez, 2015). También se debe tener en cuenta otros factores como el calentamiento global, los usos conflictivos del suelo, las limitaciones de las

instituciones y la falta de experiencia empresarial, para plantear proyectos con un alto grado de impacto en la sociedad (Duque, 2019).

Este documento describe el movimiento de carga desde y hacia los municipios del área de influencia directa de la Vía al Llano. Asimismo, se evalúa el impacto que los cierres de la vía ocasionados por desastres naturales tienen sobre el movimiento de carga y los costos de transporte en esta región. El resto del documento está organizado de la siguiente manera: la sección 2 describe brevemente la región de los llanos orientales y su importancia económica; la sección 3 explica la metodología y los datos utilizados, mientras que la sección 4 presenta los resultados, y la sección 5 concluye.

2. Los Llanos Orientales

Los Llanos Orientales, o la Orinoquía, es una región de Colombia conformada por cuatro departamentos: Meta, Casanare, Vichada y Arauca. Estos se han caracterizado por tener una alta producción en palma de aceite, soya, arroz mecanizado, cacao, yuca, plátano y otros agroindustriales (Viloria, 2009; Encuesta Nacional Agropecuaria, 2019). Además, reportaron 5.927.530 de cabezas de ganado bovino en el 2019, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), lo que representa una participación del 22% en el total nacional. También cuentan con una fuerte participación en la explotación de minas y canteras, pues en 2022 alcanzó el 35% del Producto Interno Bruto nacional de acuerdo con datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Según datos de la ENA de 2019, la Orinoquia es la segunda región con más área plantada en el cultivo de cacao con 20.918 hectáreas, y en maracuyá con 2.428 hectáreas. También es la tercera región con mayor área plantada de maíz amarillo con 20.892 hectáreas y yuca con 8.503 hectáreas. Sin embargo, el único medio de transporte que permite sacar la producción de los Llanos Orientales al resto del país es el transporte de carga (Gutiérrez-Lesmes, 2015).

Con base en los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) de 2019, el uso del suelo para el área total agrícola en el departamento del Meta fue de 485,939 hectáreas, en Casanare de 273,545 hectáreas, en Arauca de 43,627 hectáreas y en Vichada de 18,701 hectáreas. En cuanto al área ocupada por actividades pecuarias, también basada en la ENA de 2019, el Meta registró 4,636,104 hectáreas, siendo el departamento más representativo a nivel nacional. Le

siguieron Vichada con 4,628,039 hectáreas, Casanare con 3,428,658 hectáreas, y Arauca ocupó el quinto lugar con 1,944,454 hectáreas. Además, de acuerdo con información del DANE para 2022 por actividades económicas, muestran que la agricultura, la ganadería, la caza y la pesca, del departamento del Meta tuvieron una participación en el Producto Interno Bruto Nacional del 6,3%, Casanare con 2,5%, Arauca 1,6% y Vichada 0,3%.

Un sector relevante en la región de la Orinoquia es el de cultivos agroindustriales. Según la ENA de 2019, el Meta encabeza la lista del país en área plantada de palma de aceite con 154,219 hectáreas y en soya con 35,985 hectáreas. Mientras que Casanare tiene 47,382 hectáreas y Vichada 2,827 hectáreas de área plantada de palma de aceite. Además, el Meta es el tercer departamento con más hectáreas plantadas de caña de azúcar del país y en único de la región con 20,436 hectáreas según datos en la ENA de 2019 para productos de cultivos permanentes y el segundo en otros cultivos como Ajonjolí, fique, olivo, caucho y tabaco con 12.855 hectáreas seguido de Vichada con 11.612 hectáreas. Con base en la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM) del primer semestre de 2023, el arroz mecanizado en los departamentos de Casanare y Meta ocuparon los principales lugares en área sembrada de este producto con 187.789 y 68.185, respectivamente. Las variaciones en el área sembrada del primer semestre de 2023 frente al mismo periodo de 2022 aumentaron para el Meta 2,4%, y Casanare 16,9%, de acuerdo con datos del DANE y ENAM 2023.

En cuanto a la ganadería, Casanare ocupa el segundo lugar en producción nacional de ganado bovino con 2.273.261 cabezas en el 2019, seguido de departamento del Meta con un total 2.140.194 cabezas, según la ENA. Por otro lado, el Meta encabezó la explotación de minas y canteras con una participación del 27,1%, seguido por Casanare con una participación del 10,3% y Arauca con el 3,7% del Producto Interno Bruto para 2022. En las demás actividades, la participación en el Producto Interno Bruto de los departamentos de la Orinoquia se mantuvo relativamente baja, entre un 2,5% y un 0,01%. Es evidente la importancia de la conectividad de esta región con el centro del país durante los últimos años para el abastecimiento de productos primarios, lo cual ha contribuido a impulsar el crecimiento del sector agropecuario principalmente por la construcción de la nueva Vía al Llano (González, 2005; Gracia, 2021).

3. Metodología y datos

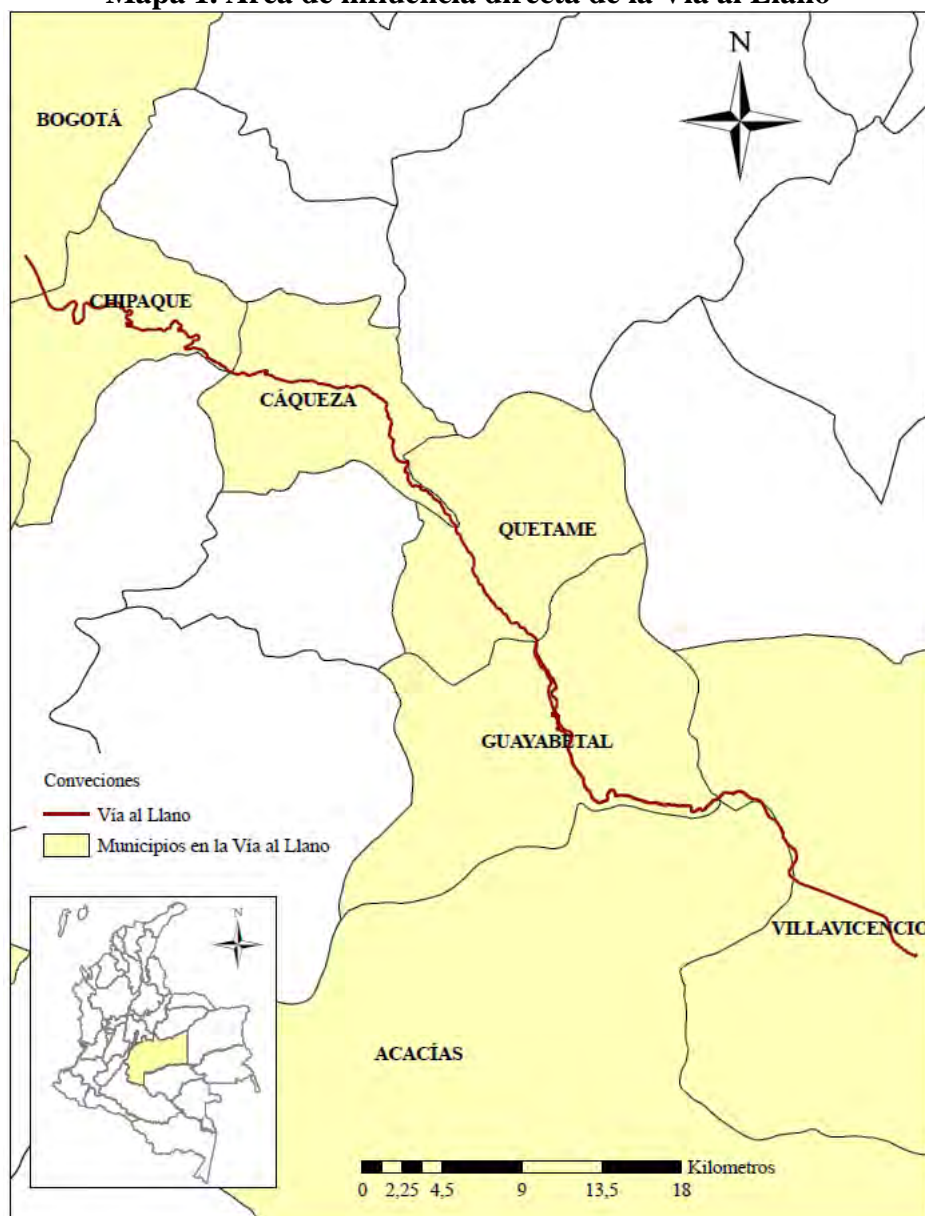
Este documento utiliza una estimación gravitacional para evaluar el impacto de los cierres de la Vía al Llano sobre el movimiento de carga y los costos de transporte. Específicamente, utilizamos una estimación *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* (PPML), la cual forma parte integral de los modelos gravitacionales (Santos Silva and Tenreyro, 2006, 2011). La premisa fundamental de estos modelos aplicados al comercio radica en que la magnitud de los flujos comerciales entre dos países, regiones o ciudades está directamente vinculada al tamaño de sus economías y, de manera inversamente proporcional, a la distancia que los separa. En términos sencillos, países o regiones con economías más robustas tienden a comerciar más entre sí debido a su infraestructura avanzada y capacidad de innovación, mientras que la distancia geográfica actúa como un factor limitante en dicho intercambio. La elección hacia este método de estimación radica en que el PPML presenta resultados consistentes e insesgados en comparación con otros métodos utilizados, ya que resuelve los problemas que suelen presentar datos sobre comercio, como presencia de heterocedasticidad y muchas observaciones iguales a cero, que con otros métodos se omiten (Santos Silva & Tenreyro, 2006). El modelo a estimar es el siguiente:

$$T_{jit} = \exp\{\beta_1 + \beta_2 DN_t + \omega_{ji} + \lambda_{it} + e_{jit}\}. \quad (1)$$

T_{jit} representa dos posibles variables dependientes: i) el volumen de carga transportada desde el municipio i hacia el municipio j en el mes t , y ii) el costo de transporte asociado. DN es una variable independiente que representa los cierres en la Vía al Llano de tres maneras distintas: i) una variable dummy que toma el valor de uno si la Vía al Llano fue cerrada en el mes t , ii) la frecuencia de los cierres en un mes particular, y iii) el número de días que la vía permanece cerrada durante el mes. El modelo considera efectos fijos diádicos por municipios de origen y destino, representados por ω_{ji} , así como tendencias específicas para el movimiento de carga por municipio de origen, λ_{it} . Asimismo, realizamos estimaciones por sectores económicos. El primer sector abarca aquellas mercancías de origen animal como los animales vivos y la carne. El segundo sector engloba los alimentos de origen vegetal,

específicamente los cultivos y plantas, y el tercer sector corresponde a la industria manufacturera.

Mapa 1. Área de influencia directa de la Vía al Llano



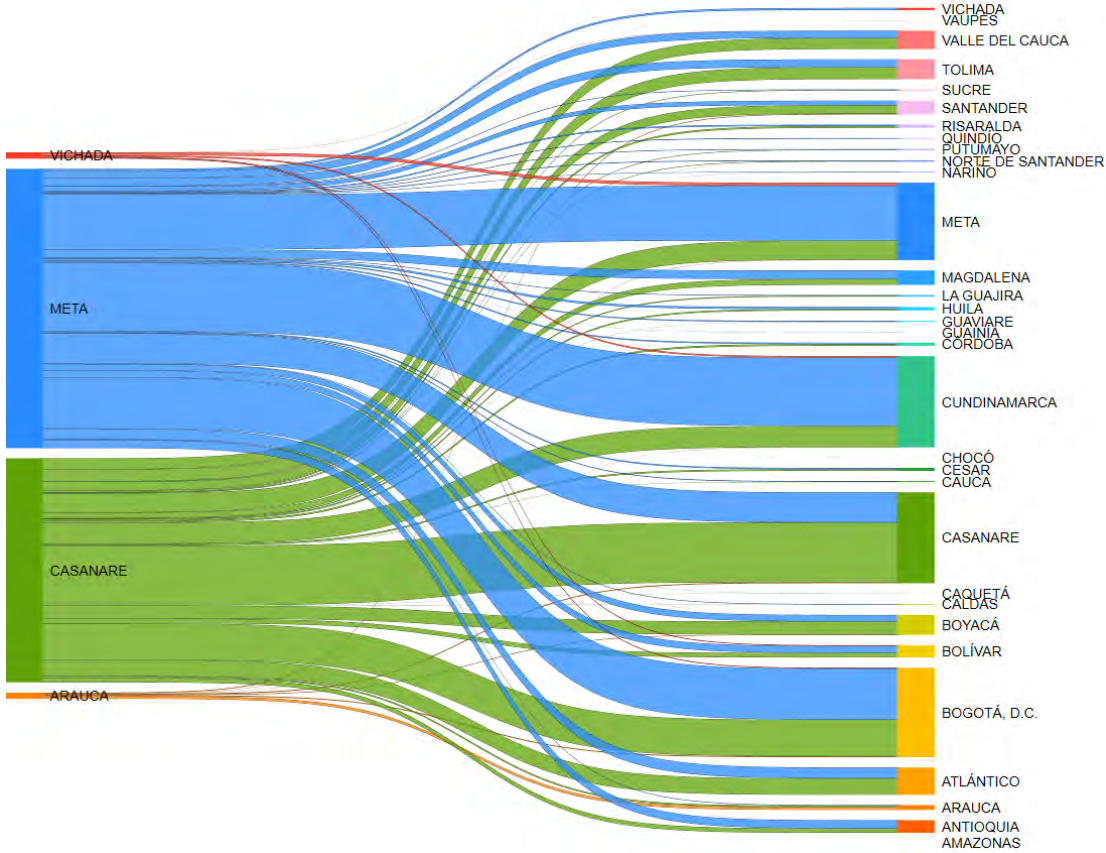
Fuente: elaboración propia.

El estudio utiliza información mensual para el período entre 2015 y 2022³. Se utilizaron datos de panel del comercio en los municipios de influencia directa de la Vía al Llano: Bogotá, Villavicencio, Chipaque, Cáqueza, Quetame y Guayabetal (Mapa 1). Se incluyen flujos de

³ Los resultados no cambian significativamente si se excluyen los años de pandemia 2020-2021.

comercio entre estos municipios, así como también la mercancía cuyo origen o destino es Chipaque, Cáqueza, Quetame o Guayabetal. Esta información fue tomada del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC) del Ministerio de Transporte, que ofrece registro de las estadísticas de las rutas y mercancías transportadas por carretera en el país. En total, el estudio abarca 162 municipios de origen y 141 municipios de destino, ofreciendo una evaluación exhaustiva del dinamismo comercial en esta zona.

Gráfico 1. Volumen de carga transportada con origen en los departamentos de los Llanos, 2015-2022.

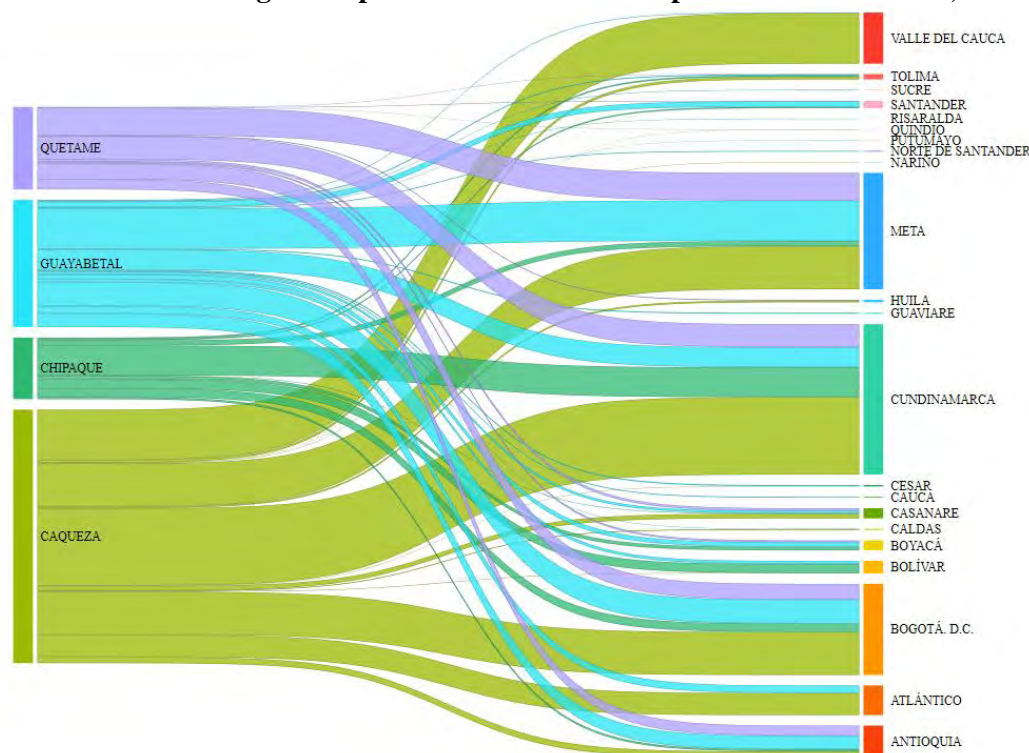


Fuente: elaboración propia con base a datos del RNDC del Ministerio de Transporte.

En el Gráfico 1 se muestra el flujo de comercio desde los cuatro departamentos que comprenden la región de la Orinoquía. Se observa que Meta y Casanare son los departamentos con el mayor volumen de ventas a otros departamentos de Colombia, y el principal destino es Bogotá y Cundinamarca. También es evidente el grado de conectividad que tienen los departamentos de la región con el resto de Colombia, pues entre 2015 y 2022 se registró movimiento de carga hacia todos los departamentos continentales.

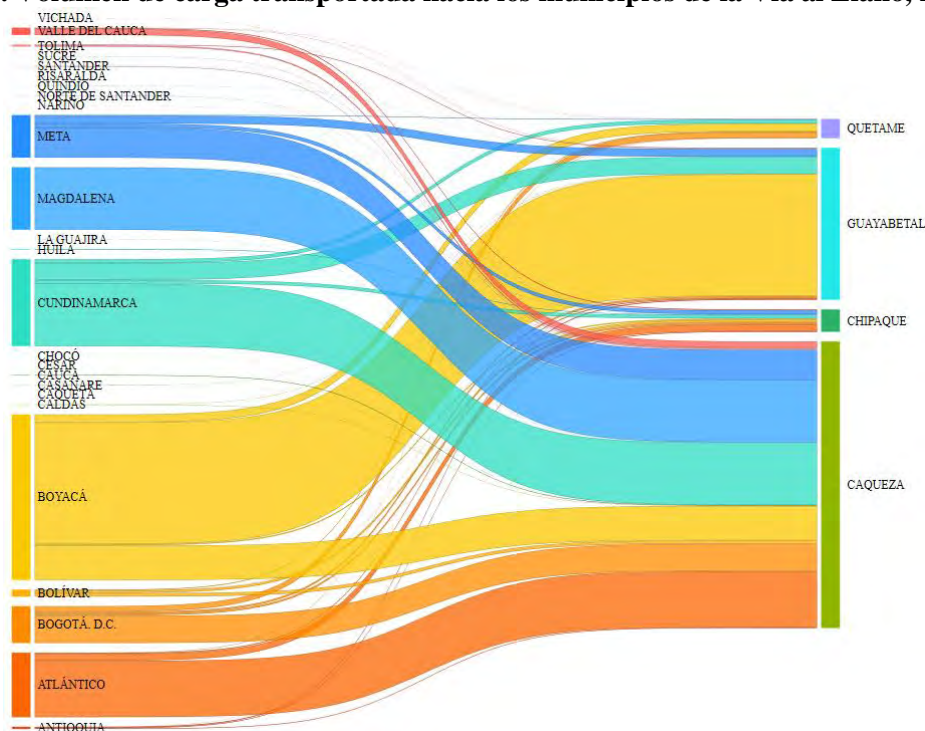
En el Gráfico 2 se representan los flujos de mercancías originadas en los cuatro municipios a lo largo de la Vía al Llano. Este diagrama ilustra la dinámica comercial de los productos dirigidos a diversos departamentos del país. Se observa que Cundinamarca, Bogotá, Meta y Valle del Cauca son los departamentos que reciben una mayor cantidad de productos procedentes de los municipios de la Vía al Llano. Además, se observa que el municipio de Cáqueza es el principal protagonista en el movimiento de mercancías hacia otros departamentos, seguido por Guayabetal. Es importante considerar que los principales departamentos proveedores de productos para los municipios de la Vía al Llano son Boyacá y Cundinamarca, según se muestra en el Gráfico 3. Se destaca que en Cáqueza y Guayabetal se registran notables volúmenes de salida de mercancías, reflejando una dinámica similar a la observada en el gráfico anterior, donde ambos municipios también representaron considerables volúmenes de salida de productos hacia otros departamentos.

Gráfico 2. Volumen de carga transportada desde los municipios de la Vía al Llano, 2015-2022.



Fuente: elaboración propia con base a datos del RNDC del Ministerio de Transporte.

Gráfico 3. Volumen de carga transportada hacia los municipios de la Vía al Llano, 2015-2022.

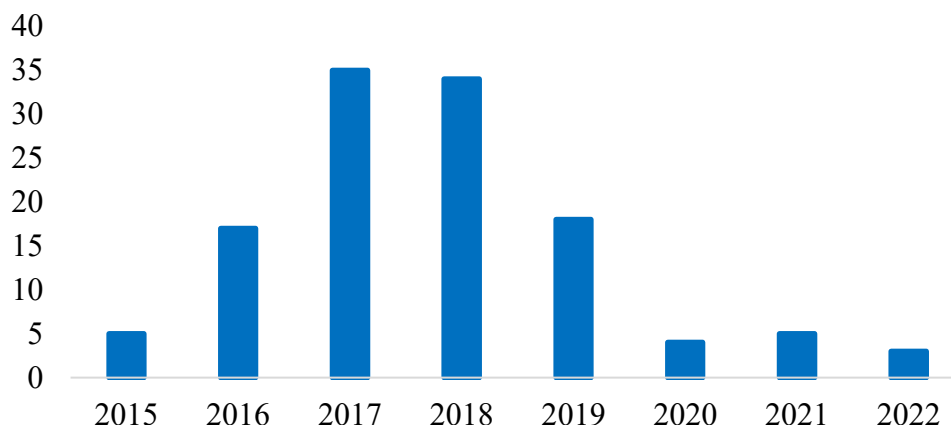


Fuente: elaboración propia con base a datos del RNDC del Ministerio de Transporte y reportes del estado de las vías de INVIAS.

Por otro lado, la información sobre los cierres a la Vía al Llano por desastres naturales corresponde a los reportes de estados de las vías del Instituto Nacional de Vías. Se tuvieron en cuenta solo aquellas interrupciones totales de la carretera al Llano. Se identificaron varios tipos de eventos: derrumbes, desbordamiento de quebradas, deslizamientos de tierra, fuertes lluvias, incendio forestal y caída de material que engloba desplome de piedras y árboles. Adicional a lo anterior, se tuvieron en cuenta cierres con motivo de la limpieza en la vía, debido a que los materiales que obstruyen la carretera son residuos de un desastre natural.

Las interrupciones totales en la Vía al Llano alcanzaron su punto máximo en el año 2017, con un total de 35 cierres (Gráfico 4). Desde entonces, esta tendencia ha experimentado una disminución constante, llegando a su punto más bajo en el 2022, con solo tres cierres totales.

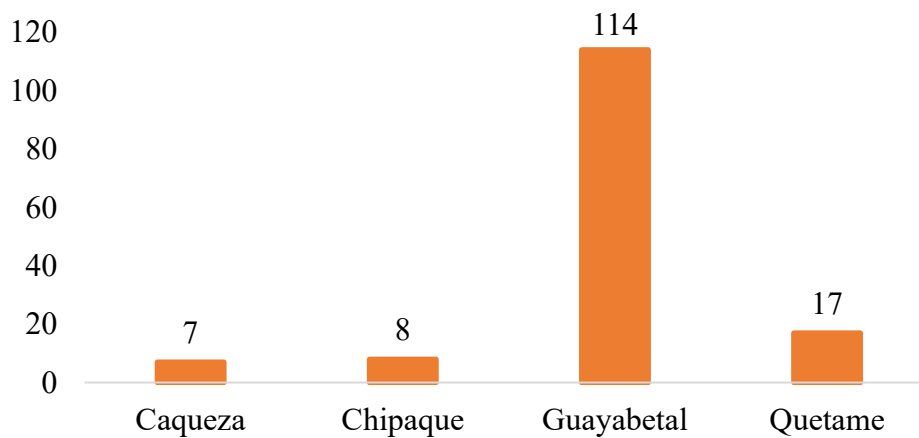
Gráfico 4. Cierres totales de la Vía al Llano, 2015-2022.



Fuente: elaboración propia con base a datos de los reportes del estado de las vías de INVIAS.

En el Gráfico 5 se detallan los municipios más afectados por las interrupciones totales en la vía. Estas afectaciones dependen de la ubicación del bloqueo vial y la proximidad de cada municipio a dicho cierre. Se destaca que Guayabetal es el municipio más impactado, registrando 114 afectaciones entre 2015 y 2022, debido a que la montaña es más propensa a derrumbes en dicho municipio. En menor medida, los otros tres municipios a lo largo de la vía también experimentan afectaciones, con siete para Cáqueza, ocho para Chipaque y 17 para Quetame. Es un tramo, del kilómetro 58 al 90, el tradicional escenario de derrumbes por que la montaña es muy empinada y el terreno inestable (CCV, 2019).

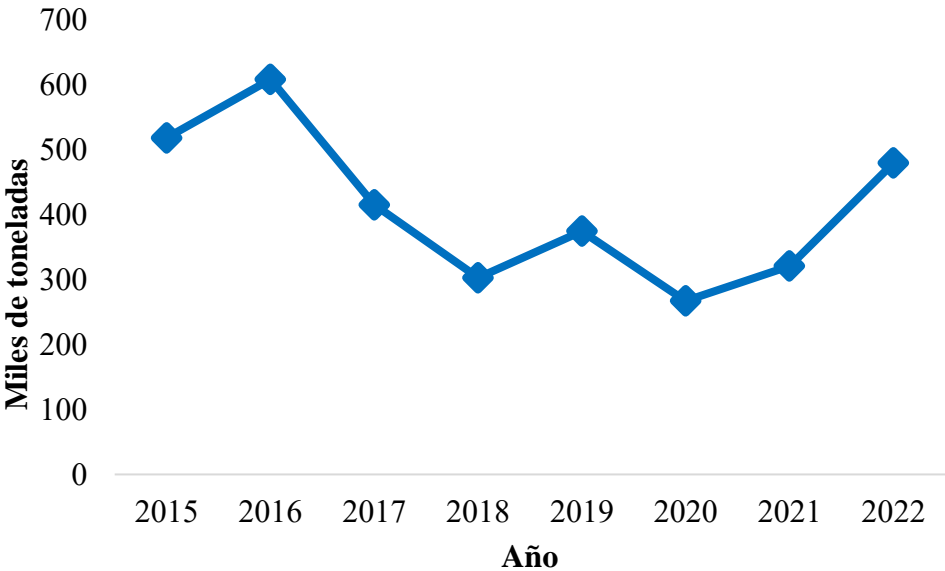
Gráfico 5. Cierres totales por municipios ubicados en la Vía al Llano, 2015-2022.



Fuente: elaboración propia con base a datos de los reportes del estado de las vías de INVIAS.

En el período comprendido entre 2015 y 2022, se observa una tendencia decreciente en el volumen total de comercio movilizado a lo largo de los municipios de influencia directa de Vía al Llano (Gráfico 6). En 2016, se alcanzó el punto más alto con más de 600 mil toneladas transportadas. No obstante, en 2017 y 2018, esta cifra experimentó una disminución significativa, llegando a 303.158 toneladas en 2018, disminución que se presentó en los años con mayores cierres registrados en la vía con 35 en 2017 y 34 en 2018 (Gráfico 4). A partir de 2021, se ha registrado un aumento en esta cifra, situándose en 321 mil toneladas y alcanzando las 480 mil toneladas en 2022. Este incremento evidencia una recuperación en el transporte de mercancías a través de esta vía hacia diversas regiones del país.

Gráfico 6. Evolución del volumen de carga total desde y hacia los municipios de la Vía al Llano (miles de toneladas), 2015-2022.



Fuente: elaboración propia con base a datos del RNDC del Ministerio de Transporte.

4. Resultados

En primer lugar, estimamos el efecto que los cierres en la Vía al Llano tienen sobre los costos de transporte, medidos como los costos de fletes promedio por kilogramo de carga por municipio de origen. Los resultados de la estimación gravitacional para el valor pagado por la carga transportada de la Vía al Llano se presentan en la Tabla 1. Se muestran los resultados para las tres diferentes medidas de cierre de la Vía al Llano, a saber, la frecuencia de los

cierres, el número de días que la vía estuvo cerrada y la variable *dummy* que mide si en un mes dado se cerró la vía.

En primer lugar, se observa un resultado positivo y significativo. En cuanto a la existencia de desastre, esta se asocia con un aumento predicho del 41,2% $((e^{0,345} - 1) * 100)$ en el valor pagado por el transporte de mercancías. Se aprecia que un incremento de una unidad en la frecuencia de los cierres por desastres naturales se traduce en un aumento del 7,9% en el costo de los fletes. Asimismo, al analizar el impacto de un aumento de 1 día en la duración de los cierres de la vía se observa un incremento del 3,7% en el valor pagado.

Tabla 1. Resultados de la estimación para flete de carga transportada.

Variable dependiente: Costos de fletes	(1)	(2)	(3)
Frecuencia de los cierres	0.0768*** (0.0182)		
Duración de los cierres		0.0366*** (0.00783)	
Existe cierre			0.345*** (0.0550)
Constante	13.59*** (0.213)	13.60*** (0.210)	13.54*** (0.213)
Observaciones	6,334,848	6,334,848	6,334,848

Errores estándar robustos en paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Todas las especificaciones incluyen efecto fijo de origen – destino, así como tendencias específicas para municipios de origen.

En la Tabla 2, se exponen los resultados de la estimación con respecto al volumen de carga transportada. La existencia de un cierre ocasionado por un desastre natural genera una disminución del 48,2% en el volumen de carga transportada en los municipios del área de influencia directa de la Vía al Llano. En relación con la variable frecuencia de cierres, se evidencia que un cierre adicional genera una reducción del 11,5% en el volumen transportado. Para la duración de los desastres, un día más de cierre se asocia con una disminución del 5,13% en el volumen de carga transportada.

Tabla 2. Resultados de la estimación para volumen de carga transportada.

Variable dependiente: Volumen de carga	(1)	(2)	(3)
Frecuencia de los cierres	-0.122** (0.0503)		
Duración de los cierres		-0.0527** (0.0211)	
Existe cierre			-0.658** (0.295)
Constante	10.38*** (0.129)	10.37*** (0.127)	10.41*** (0.135)
Observaciones	6,578,496	6,578,496	6,578,496

Errores estándar robustos en paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Todas las especificaciones incluyen efecto fijo de origen – destino, así como tendencias específicas para municipios de origen.

Para complementar el análisis, llevamos a cabo estimaciones por sector para el volumen de carga transportada (Tabla 3). En el sector 1 (animales vivos y carne), se encuentra que un cierre adicional se traduce en una disminución del 10,4% en el volumen transportado de animales vivos y carne en la Vía al Llano. Adicionalmente, en el caso de la duración en días de los desastres, se observa que un día más de cierre conlleva una disminución del 4,9% en el volumen de animales vivos y carne transportados. En cuanto a la variable que indica la existencia de desastres, los resultados arrojan que cuando existe un desastre natural en la Vía al Llano, se disminuye en 48,5% el volumen de la mercancía en los municipios de influencia directa. El sector 2 (cultivos y plantas) exhibe las mismas tendencias en las variables, pero con un impacto más pronunciado. En relación con la frecuencia de desastres, se observa que un incremento de un cierre se traducirá en una disminución del volumen de carga de cultivos y plantas en un 18,5%. En cuanto a la duración de los desastres, el efecto marginal es una reducción del 8,5% en el volumen de cultivos transportados, y esta misma relación se observa en la variable que indica la existencia desastre, que genera una disminución de 64,6% de carga de cultivos y plantas. De manera similar, en el sector 3 (manufacturas), se evidencian resultados significativos con efectos negativos en todas las variables. Respecto a la primera variable, se registra una disminución del 8% en el volumen de manufacturas transportadas. En cuanto a la duración de desastres, se observa un impacto negativo del 3,5% en el volumen

de carga, y en relación con la existencia de desastre se asocia con una disminución del 36,8% en el volumen transportado por esta vía.

Tabla 3. Resultados de la estimación para volumen de carga transportada por sectores.

Variable dependiente: Volumen de carga	Sector 1			Sector 2			Sector 3		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Frecuencia de los cierres	-0.110*** (0.00368)			-0.205* (0.109)			-0.0841** (0.0351)		
Duración de los cierres		-0.0507*** (0.00212)			-0.0896* (0.0488)			-0.0361** (0.0148)	
Existe cierre			-0.664*** (0.0355)			-1.041*** (0.361)			-0.459* (0.277)
Constante	9.312*** (0.228)	9.305*** (0.230)	9.323*** (0.198)	10.10*** (0.238)	10.09*** (0.239)	10.10*** (0.220)	11.04*** (0.107)	11.03*** (0.106)	11.07*** (0.118)
Observaciones	203,040	203,040	203,040	324,864	324,864	324,864	2,098,080	2,098,080	2,098,080

Errores estándar robustos en paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Todas las especificaciones incluyen efecto fijo de origen – destino, así como tendencias específicas para municipios de origen.

5. Conclusión

La geografía comercial y la infraestructura de transporte desempeñan roles fundamentales en el comercio subnacional. En situaciones de emergencia, los desastres naturales impactan las relaciones comerciales regionales al cerrar temporalmente instalaciones de producción y dañar la infraestructura vial, lo que dificulta el acceso y la disponibilidad de bienes esenciales. Además de reducir potencialmente el comercio interregional, los desastres naturales pueden aumentar los costos de movilización de la carga, haciendo menos rentable vender productos a otros municipios o departamentos, lo que afecta la rentabilidad de los productores locales.

Este estudio tiene como objetivo analizar el impacto de los desastres naturales en el comercio subnacional, centrándose especialmente en el volumen de carga transportada y el costo del flete de la mercancía. Los autores usan datos de movimiento de carga mensual para los municipios de influencia directa de la Vía al Llano (Bogotá, Villavicencio, Chipaque, Cáqueza, Quetame y Guayabetal), provenientes del Registro Nacional de Despacho de Carga (RNDC) del Ministerio de Transporte, que ofrece registro de las estadísticas de las rutas y mercancías transportadas por carretera en el país.

Con modelos gravitacionales, siguiendo estimaciones *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* (PPML), y utilizando tres distintas medidas para los cierres viales, se encuentra un efecto negativo y significativo entre los cierres en la Vía al Llano y el movimiento de carga (exportaciones) en los municipios del área de influencia directa y un aumento en el valor pagado por el transporte de mercancías. En el margen extensivo, la existencia de un cierre producto de un desastre natural genera una disminución del 48,2% en el volumen de carga transportada en los municipios del área de influencia directa de la Vía al Llano. En el margen intensivo, un día más de cierre se asocia con una disminución del 5,1% en el volumen de carga transportada en promedio. Por otra parte, la existencia de cierres en la Vía al Llano incrementa los costos de transporte en un 41,1%, mientras que un día más de cierre aumenta los fletes en promedio en 3,7%.

Al examinar el efecto de los cierres de la Vía al Llano causados por desastres naturales al desglosar las mercancías por sector, se destaca que los cultivos y plantas son los más afectados. Esto se debe a la naturaleza perecedera y rápida descomposición de estos

productos. Si la vía sufre un desastre, se incrementa el tiempo de viaje y puede dañarse estos productos. Se identifica que los desastres naturales alteran considerablemente la dinámica del comercio, presentando desafíos adicionales para sectores específicos, como la agricultura.

Referencias

- Ahmed, M. M., & Ghasemzadeh, A. (2018). The impacts of heavy rain on speed and headway Behaviors: An investigation using the SHRP2 naturalistic driving study data. *Transportation research part C: emerging technologies*, 91, 371-384.
- Barbero, J.A., & Guerrero, P. (2017). El transporte automotor de carga en América Latina: soporte logístico de la producción y el comercio. (Monografía del BID ; 482). Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/el-transporte-automotor-de-carga-en-america-latina-soporte-logistico-de-la-produccion-y-el-comercio>.
- Cámara de Comercio de Villavicencio. (2018). Impacto Económico, cierre de la vía Bogotá. Disponible en: https://s3.pagegear.co/415/71/imagenes-editor/paginas/2020/la_camara/investigaciones_economicas/inversion_neta/68.impacto_del_cierre_de_la_via_bogota_estudios_economicos_ajustes_dir_.pdf.
- Cámara de Comercio de Villavicencio. (2019). Impacto Económico, cierre de la vía Bogotá - Villavicencio. Disponible en: https://s3.pagegear.co/415/71/imagenes-editor/paginas/2020/la_camara/investigaciones_economicas/inversion_neta/69.informe_final_de_la_via_a_bogota_final_.pdf.
- Carpio, J. R. (2019). Impacto de la vía Bogotá Villavicencio en los costos logísticos de la región. Universidad Nacional Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/32093>.
- Carrère, C., & Schiff, M. (2005). On the geography of trade: distance is alive and well. *Revue économique*, (6), 1249-1274.
- Castro-Garzón, H., Sánchez Céspedes, J. M., & Rivas Trujillo, E. (2021). Efectos en el comercio de perecederos en la ciudad de Villavicencio generados por la emergencia en la vía a Bogotá año 2019. *Revista Boletín Redipe*, 10(10), 428–439. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i10.1501>
- Departamento Nacional de Planeación (1993). Carretera Bogotá – Villavicencio. Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/2654.pdf>.
- Diakakis, M., Boufidis, N., Grau, J. M. S., Andreadakis, E., & Stamos, I. (2020). A systematic assessment of the effects of extreme flash floods on transportation infrastructure and circulation: The example of the 2017 Mandra flood. *International journal of disaster risk reduction*, 47, 101542.
- Duque Escobar, G. (2019). ¿Qué hacer con la Vía al Llano? Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77050>
- Filatov, A., & Novikova, A. (2015). The gravity model of interregional trade: Case of Eastern Siberia. *Czech Journal of Social Sciences, Business and Economics*, 4(3), 39-45.
- García, J. N. (2019). Las vías del llano una oportunidad para el progreso. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/31462>
- Gecchele, G., Ceccato, R., & Gastaldi, M. (2019). Road network vulnerability analysis: Case study considering travel demand and accessibility changes. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 145(7), 05019004.
- González, H. (2004). El turismo como alternativa de desarrollo para Villavicencio y el departamento del Meta. *Ensayos Sobre Economía Regional*; No. 16.
- González, H. (2005). Evolución del sector agrícola en el departamento del Meta y los Llanos Orientales 1991-2003. *Ensayos Sobre Economía Regional*; No. 30.

- Gossler, T., Wakolbinger, T., Nagurney, A., & Daniele, P. (2019). How to increase the impact of disaster relief: A study of transportation rates, framework agreements and product distribution. *European Journal of Operational Research*, 274(1), 126-141.
- Gracia, J. Y. (2021). Análisis de la situación de inseguridad pública en el sector centro de Villavicencio, Meta, 2018-2021. Universidad Nacional Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/39012>.
- Gutiérrez-Lesmes, O.A. (2015). La carretera Bogotá-Villavicencio, su impacto sobre el ordenamiento territorial y el ecosistema. *Revista Luna Azul*, 40, 277-292. <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=1012>
- Ham, H., Kim, T. J., & Boyce, D. (2005). Assessment of economic impacts from unexpected events with an interregional commodity flow and multimodal transportation network model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(10), 849-860.
- Hamano, M., & Vermeulen, W. N. (2020). Natural disasters and trade: the mitigating impact of port substitution. *Journal of Economic Geography*, 20(3), 809–856. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbz020>
- Hassan, S. A., Wong, L., Mashros, N., Alhassan, H. M., Sukor, N. S. A., Rohani, M., & Minhans, A. (2016). Operating speed of vehicles during rainfall at night: Case study in Pontian, Johor. *J. Teknol*, 78, 9-18.
- Jara Rujales, A. (2018). Caso de estudio: Concesión Bogotá-Villavicencio. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/38775>
- Jiménez Caro, A. (2022). Estimación cuantitativa de la vulnerabilidad de puentes frente a movimientos de masa. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/59442>
- Khademi, N., Balaei, B., Shahri, M., Mirzaei, M., Sarrafi, B., Zahabiun, M., & Mohaymany, A. S. (2015). Transportation network vulnerability analysis for the case of a catastrophic earthquake. *International journal of disaster risk reduction*, 12, 234-254.
- Konishi, Y., Mun, S. I., Nishiyama, Y., & Sung, J. E. (2012). Determinants of Transport Costs for Inter-regional Trade. Graduate School of Economics - Kyoto University Working Paper, (126).
- Lee, S. E., Quinn, A. D., & Rogers, C. D. (2016). Advancing city sustainability via its systems of flows: The urban metabolism of Birmingham and its hinterland. *Sustainability*, 8(3), 220.
- Liu, J., Shi, Z., & Tan, X. (2021). Measuring the dynamic evolution of road network vulnerability to floods: A case study of Wuhan, China. *Travel behaviour and society*, 23, 13-24.
- Liu, Y., Li, Y., Wang, G., Gao, G., & Chen, Y. (2023). Quantifying multi-regional indirect economic losses: An assessment based on the 2021 rainstorm events in China. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1057430.
- Ministerio de Transporte (2022), *Transporte en Cifras 2022*. Disponible en <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/9443/transporte-en-cifras/> (visitado el 24 de abril de 2024).
- Morelli, A. B., & Cunha, A. L. (2021). Measuring urban road network vulnerability to extreme events: an application for urban floods. *Transportation research part D: transport and environment*, 93, 102770.
- Park, J., Cho, J., Gordon, P., Moore II, J. E., Richardson, H. W., & Yoon, S. (2011). Adding a freight network to a national interstate input–output model: a

- TransNIEMO application for California. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1410-1422.
- Pérez – Valbuena, G.J. (2005) “La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia”. Documentos de Trabajo sobre Economía Regional, Banco de la República.
- Pregolato, M., Ford, A., Glenis, V., Wilkinson, S., & Dawson, R. (2017). Impact of climate change on disruption to urban transport networks from pluvial flooding. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(4), 04017015.
- Rizet, C., & Hine, J. L. (1993). A comparison of the costs and productivity of road freight transport in Africa and Pakistan. *Transport Reviews*, 13(2), 151-165.
- Santos Silva, J. M. C., & Tenreyro, S. (2006). The log of gravity. *The Review of Economics and Statistics*, 88(4), 641-658.
- Santos Silva, J.M.C., & Tenreyro, S. (2011). Further simulation evidence on the performance of the Poisson pseudo-maximum likelihood estimator. *Economics Letters*, 112(2), 220–222.
- Singh, P., Sinha, V. S. P., Vijhani, A., & Pahuja, N. (2018). Vulnerability assessment of urban road network from urban flood. *International journal of disaster risk reduction*, 28, 237-250.
- Viloria, J. (2009). Geografía económica de la Orinoquía, Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional, No. 113. Banco de la República. Disponible en <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-113.pdf>
- Xu, A., & Kouwoaye, A. R. (2019). How do natural disasters affect services trade? (No. ERSD-2019-12). WTO Staff Working Paper.
- Yang, L., Wang, X., Jiang, X., & Tatano, H. (2023). Assessing the Regional Economic Ripple Effect of Flood Disasters Based on a Spatial Computable General Equilibrium Model Considering Traffic Disruptions. *International Journal of Disaster Risk Science*, 1-18.
- Zhang, Q., Yu, H., Li, Z., Zhang, G., & Ma, D. T. (2020). Assessing potential likelihood and impacts of landslides on transportation network vulnerability. *Transportation research part D: transport and environment*, 82, 102304.