

## Artículo

# El ferrocarril colombiano: 4 temas recurrentes en la literatura



Luis Márquez\*

Profesor asociado, Escuela de Transporte y Vías, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 4 de octubre de 2016

Aceptado el 28 de abril de 2017

On-line el 13 de junio de 2017

*Códigos JEL:*

R11

R42

R58

*Palabras clave:*

Infraestructura de transporte

Ferrocarril colombiano

Transporte de carga

Economía regional

Política de transporte

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es identificar qué se ha investigado sobre el ferrocarril colombiano y qué temas deberían ser objeto de estudio para comprender mejor el futuro del transporte de carga por ferrocarril en Colombia. El trabajo está basado en una revisión descriptiva de la literatura que permitió identificar 4 temas recurrentes sobre el ferrocarril colombiano: los problemas administrativos del Estado, la competencia con el modo carretero, el transporte del carbón y algunos elementos técnicos como el trazado, la capacidad ferroviaria, la eficiencia, la integración modal y la modelación del transporte. Además de la revisión, que es de gran valor para los tomadores de decisiones sobre comercio internacional, política económica y economía regional, son identificadas temáticas de investigación futura.

© 2017 Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*JEL classification:*

R11

R42

R58

*Keywords:*

Transport infrastructure

Colombian railways

Freight

Regional economy

Transport policy

## The Colombian railways: 4 recurring subjects in the literature

## ABSTRACT

The aim of this work is to identify what has been studied on the Colombian railway and to propose the main topics to be studied in order to better understand the future of rail freight transport in Colombia. The paper is based on a descriptive literature review of the Colombian railways, which allowed to identify 4 recurring subjects: governmental administrative problems, competition with road mode, coal transportation, and some technical issues such as geometric design, railway capacity, efficiency, modal integration, and transport modeling. In addition to the review, which is valuable for decision makers on international trade, economic policy, and regional economy, this paper identifies some questions for future research.

© 2017 Universidad ICESI. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## A estrada de ferro colombiana: 4 temas recorrentes na literatura

## RESUMO

O objetivo deste estudo é identificar qual pesquisa foi feita sobre a estrada de ferro colombiana e quais as questões devem ser estudadas para entender melhor o futuro do transporte ferroviário de mercadorias na Colômbia. O trabalho é baseado em uma revisão descritiva da literatura que permitiu identificar 4 temas

*Classificações JEL:*

R11

R42

R58

\* Autor para correspondencia: Avenida Universitaria 42 A - 60, Altos de Lombardía, Tunja, Colombia.

Correo electrónico: [luis.marquez@uptc.edu.co](mailto:luis.marquez@uptc.edu.co)

**Palabras-clave:**

Infra-estructura de transporte  
 Ferrovía colombiana  
 Transporte de mercaderías  
 Economía regional  
 Política de transportes

recorrentes sobre la ferrovía colombiana: problemas administrativos del Estado, la concurrencia con el modo rodoviario, el transporte de carbón y algunos elementos técnicos como el trazado, la capacidad ferroviaria, la eficiencia, la integración modal y la modelación del transporte. Además de la revisión, que es de gran valor para los tomadores de decisiones sobre el comercio internacional, la política económica y la economía regional, se identificaron otros para futuras pesquisas.

© 2017 Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access con una licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introducción

Las ventajas del transporte de mercancías por ferrocarril, comparadas con las de otros modos de transporte, son conocidas y han sido demostradas por la literatura. Gran capacidad de carga, menor consumo de energía por unidad transportada, menores emisiones contaminantes, menores tasas de accidentalidad y posibilidades de integración con los demás modos de transporte son algunas de las ventajas comparativas más relevantes. El ferrocarril también exhibe algunas desventajas como su rigidez, riesgos de saqueo y la necesidad de transporte previo o posterior a las operaciones de embarque. Al mismo tiempo, en el caso del transporte de carga, con todas algunas excepciones, su rentabilidad pareciera estar ligada a servicios de larga distancia (Mendoza, Alfaro y Paternina, 2015).

A pesar de las reconocidas ventajas, que han posicionado al ferrocarril como uno de los modos más apropiados para el transporte de carga y pasajeros a lo largo del mundo (Renner y Gardner, 2010), en el caso colombiano, el ferrocarril perdió su importancia con el paso del tiempo. Mientras en los años cuarenta el ferrocarril movilizaba las mismas toneladas por kilómetro que la carretera, en los cincuenta transportaba el 32% de la carga, en los años setenta el 9% y en los noventa su cuota de mercado era tan solo el 1% de la carga transportada por tierra, equivalente a menos de un millón de toneladas al año (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2008). Únicamente la movilización de carbón por ferrocarril ha venido creciendo de manera constante desde 1994, hasta el punto de que en el año 2012 se acercó a los 80 millones de toneladas (Arango, Díaz, Arias y Lamos, 2014), pero, en general, el transporte de otras mercancías sigue siendo insignificante.

Los estudios más recientes sobre transporte ferroviario en Colombia muestran que la red de ferrocarriles está conformada por 3.515 km, distribuidos así: 189 km de red privada en El Cerrejón y Paz de Río; 743 km de red concesionada a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), conformada por las concesiones del Atlántico y el Pacífico; 894 km por concesionar y 1.689 km de red inactiva (Kohon, Champin, Rodríguez y Cortés, 2016). Es decir que más del 73% de la red ferroviaria nacional se encuentra inactiva o por concesionar, por lo que genera interés analizar cuál sería el futuro del ferrocarril colombiano en el contexto del transporte de carga. Como hipótesis de trabajo se plantea que, a partir de una revisión descriptiva de la literatura, es posible identificar algunas líneas de investigación cuyo desarrollo ayudaría a definir y formular una visión de futuro del transporte de carga por ferrocarril en Colombia.

Al realizar el presente trabajo, la revisión de literatura permitió identificar 4 temas recurrentes: los problemas del Estado para administrar y mantener la infraestructura ferroviaria, la desigual competencia con el modo de transporte carretero, el predominio del transporte del carbón y algunos aspectos técnicos relevantes, entre los que se destacan elementos constitutivos del trazado geométrico, la capacidad ferroviaria, la eficiencia, la integración modal y la modelación del transporte. El desarrollo de estos 4 temas recurrentes define la estructura de este artículo, que expone, al final, una serie de consideraciones que ayudan a identificar algunas líneas de futura investigación. Se espera que la revisión sea

de gran utilidad para quienes pertenecen al sector logístico y para los tomadores de decisiones sobre comercio internacional, política económica y economía regional, como referente obligado sobre el ferrocarril colombiano. Al mismo tiempo, se espera que las líneas de investigación identificadas sirvan de insumo para el desarrollo de futuros trabajos académicos.

## 2. Los problemas administrativos del Estado

La literatura indica que la inversión pública en ferrocarriles debería estar justificada en la prestación de un adecuado servicio y soportada en la generación de beneficio económico para la nación (Pachón y Ramírez, 2006). Es por esta razón por lo que la construcción de un ferrocarril no debería ser vista como un fin en sí mismo, sino como un soporte para el desarrollo económico, tal como lo discute Hay (1982).

En el caso colombiano, durante las primeras 7 décadas del siglo XX hubo gobiernos progresivos que permitieron al Estado cumplir un papel activo en la construcción de infraestructura de transporte multimodal y comunicaciones, acometiendo y apoyando puertos, muelles, vías fluviales, ferrocarriles, carreteras, cables aéreos, aeropuertos, telegrafía y telefonía. No obstante, al momento de abandonar la política de industrialización para dar inicio a la promoción de las exportaciones, el Estado descuidó la infraestructura de transporte fluvial y ferroviario (Ortiz, 2014). Esta situación de abandono se convirtió en un problema estructural ya que, como lo explica De la Puente (2012), la inversión pública en infraestructuras de transporte no solo ha sido escasa y mal gestionada, sino que ha estado influida de manera importante por los planes de ajuste fiscal que vinieron después de la política de industrialización. El efecto de cada uno de estos planes de ajuste fiscal fue el siguiente:

- 1973: se transformó a Colombia en exportador de minerales y petróleo.
- 1986: se orientaron los recursos del Estado al pago de la deuda externa.
- 1993: fueron adoptadas medidas fiscales contra la revaluación, echando mano de recursos financieros.
- 1999: se puso en marcha el Plan Colombia, con aumento del impuesto al valor agregado (IVA) y de otros impuestos indirectos.
- 2006: se redujo la deuda externa, aumentando los impuestos a la gasolina y a la renta.

Además de la escasez que caracterizó a la inversión pública en infraestructuras de transporte, los errores estatales (de tipo contractual, administrativo y gerencial) fueron determinantes en la suerte del ferrocarril. De acuerdo con Vasco (2008), el fracaso de los ferrocarriles en Colombia pudo haber sido originado en la ausencia de un Estado que manifestara institucionalidad, en los errores de los contratos de concesión y en las difíciles condiciones geográficas del territorio nacional. La misma fuente indica que las reestructuraciones que se hicieron en respuesta a la pérdida de participación porcentual en el mercado de transportes no cumplieron las expectativas debido a los elementos de institucionalidad que

determinaron las condiciones contractuales para la participación del sector privado (Vasco, 2008).

Una aproximación mediante la revisión de casos deja en evidencia los problemas administrativos del Estado en el manejo de los ferrocarriles. En el caso del ferrocarril de Girardot (1881-1909), por ejemplo, se presentaron graves errores que se descubrieron por la excesiva demora de las obras y sus consecuentes sobrecostos, que evidenciaron los problemas del Estado para administrar eficientemente los ferrocarriles (Benavides y Escobar, 2014). Del mismo modo, en el caso del ferrocarril de Bolívar (1865-1941), Correa (2012b) manifiesta que el manejo contractual para su construcción abrió la puerta al detrimento patrimonial tanto por los sobrecostos como por los desaciertos del gobierno, cuyos funcionarios no aprendieron la lección y facilitaron que en ocasiones posteriores se cometieran errores similares.

En el caso del ferrocarril del Cauca (1872-1907), Correa (2013b) muestra que este proyecto ferroviario se caracterizó por un conjunto de contratos desventajosos que determinaron su pobre desarrollo. En particular, dichos contratos no permitieron a la nación desarrollar un proceso efectivo de localización del riesgo y la llevaron, en cambio, a ceder ante la voracidad de los contratistas que finalmente aprovecharon sus debilidades y la condujeron a aceptar pocas contraprestaciones reales. Esto significó un lentísimo avance de la obra, altos costos de construcción y tener que enfrentar demandas para las cuales la nación no se encontraba preparada.

En el caso del ferrocarril de Puerto Wilches (1903-1916), Cuadros (2011) mostró que las discrepancias entre el Gobierno nacional y los concesionarios con respecto a los bonos hipotecarios que se emitieron para ayudar a financiar la obra dieron origen a una serie de adversidades complejas que entorpecieron su ejecución. Y, a pesar de la movilización de los santandereanos, que forzó la acción del Gobierno nacional para revisar las condiciones contractuales, el proyecto no pudo ser encauzado. Una situación similar fue documentada por Araque (2015), quien evidenció cómo en el caso de las provincias de Jaén y Albacete (España), a pesar del movimiento social de los habitantes, se tomó la decisión de abandonar un proyecto ferroviario de gran importancia regional. Correa (2013a), refiriéndose específicamente al ferrocarril de Cúcuta (1873-1926), explica cómo, a pesar de haber sido concebido como un sistema de transporte integral, el proyecto tuvo que enfrentar «las oscilaciones de la situación comercial con Venezuela, la política interna y las complejas relaciones bilaterales» (p. 250), lo que afectó negativamente su operación. Este último es un caso especial que muestra el impacto de las relaciones bilaterales en el desarrollo del ferrocarril.

En contraste con las numerosas críticas sobre la eficacia de los recursos invertidos en los ferrocarriles colombianos, el trabajo de Meisel, Ramírez y Jaramillo (2014) demuestra que los problemas administrativos del Estado son relativos, puesto que la gran inversión realizada en ferrocarriles en los años veinte fue rentable y, básicamente, el error fue haber mantenido los ferrocarriles en funcionamiento después de 1943, cuando muchas líneas habían dejado de ser productivas. Esta idea encuentra respaldo en el caso del ferrocarril de Panamá (1849-1903), una de las empresas más importantes del siglo XIX, que tuvo un impacto fiscal significativo para el gobierno, a pesar de las desventajosas condiciones de las concesiones (Correa, 2010; Correa, 2015).

### 3. Competencia con el modo carretero

A pesar de las ventajas del ferrocarril para el transporte de carga, en términos de una menor generación de externalidades negativas (Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles, 2003; Márquez y Cantillo, 2013), el transporte carretero sigue siendo el principal modo de transporte en Colombia, entre otras razones, porque los agentes que prestan el servicio de transporte no perciben la

totalidad de los costos que causan, debido a la inexistencia de mecanismos de internalización de costos externos. En este sentido, Rodríguez (2013) señala que las decisiones políticas han sido determinantes en el desarrollo del ferrocarril, al orientar el transporte de mercancías hacia el modo carretero y exacerbar los graves problemas de la infraestructura vial nacional, evidenciados principalmente en los altos costos de transporte y en la dificultad para competir en los mercados internacionales. No obstante, como lo demostraron Márquez y Cantillo (2013), las decisiones tomadas por los agentes al momento de decidir cuál modo de transporte utilizar podrían cambiar drásticamente si los costos externos del sistema fuesen internalizados.

La primera manifestación de una política estatal orientada a la expansión de carreteras se observó después de la guerra de los Mil Días, cuando el general Rafael Reyes expidió un plan para el mejoramiento del sistema de transporte y la construcción de carreteras, en el que, según Pérez (1998), se dio el tercer periodo de los ferrocarriles y el desarrollo regional colombiano. Como se ha discutido, durante las primeras 7 décadas del siglo XX, se desarrolló buena parte de la infraestructura de transporte y el crecimiento económico se aceleró (Ortiz, 2014). Sin embargo, tal como lo explica Sanclemente (2011), la diversificación del transporte iniciada con la recuperación económica de inicios del siglo XX le imprimió un ritmo relativamente lento a la actividad ferroviaria a causa de la competencia de las carreteras. Con independencia de haber sido la innovación técnica más significativa de su momento, el Ferrocarril de Antioquia, por ejemplo, tuvo que ceder frente a las nuevas formas de entender el transporte de mercancías y personas (Correa, 2012a).

La investigación realizada por De la Puente (2012) permite explicar cómo las decisiones sobre inversión pública, tomadas en 6 periodos característicos, determinaron la manera como el ferrocarril colombiano fue perdiendo terreno frente a la carretera:

- 1950-1959. Se propuso la construcción y mejora de la infraestructura carretera de las regiones no integradas al ferrocarril.
- 1960-1966. La inversión se enfocó en la infraestructura carretera debido a su menor costo en comparación con el ferrocarril.
- 1967-1974. Los 2 principales estudios de transporte en Colombia (la misión Harvard y la misión holandesa) mostraron que, en comparación con la infraestructura carretera, la inversión en el ferrocarril no era rentable.
- 1975-1990. El ferrocarril público decayó y el transporte por carretera se consolidó como el modo de transporte predominante.
- 1991-1998. La inversión pública en infraestructuras de transporte no evolucionó positivamente y el ferrocarril privado acaparó la demanda.
- 1999-2011. La inversión pública se concentró en la infraestructura carretera, en detrimento del ferrocarril.

De esta manera, en el año 2012, cerca del 71% de las toneladas de carga nacional se transportó por carretera (Yepes, Ospina, Aguilar, Calderón, Concha, Junca y Martínez, 2013a), aunque, al descontar el carbón transportado por ferrocarril en 2 líneas muy específicas y prácticamente de uso exclusivo, resulta evidente que la carretera moviliza casi la totalidad de carga en Colombia. Esta concentración de carga por carretera y la falta de complementariedad con otros modos producen 4 implicaciones importantes (Clavijo, Vera, Malagón, Parga, Joya, Ortiz y Ordóñez, 2014):

- Altos costos de transporte debido a la pobre calidad del modo carretero.
- Problemas logísticos, congestión vial, demoras en los puertos de cargue y descargue, que se traducen en sobrecostos.

- Restricciones para la especialización de otros modos de transporte.
- Concentración excesiva de recursos de inversión hacia el modo carretero.

Si bien la densidad de la red ferroviaria es baja y su utilización se concentra en unos pocos tramos, el crecimiento de la carretera también evidencia un importante rezago, especialmente en la infraestructura de la red primaria, que debería crecer al menos un 24% para cerrar la brecha (Yepes, Ramírez, Villar y Aguilar, 2013b), lo que implica, necesariamente, la demanda de más recursos de inversión destinados a financiar el crecimiento del modo carretero predominante. Entonces, la viabilidad del ferrocarril colombiano es incierta debido a que la inversión pública estaría orientada al desarrollo de la infraestructura carretera y portuaria (Rincón, 2007). Lo mismo ocurre en Venezuela, donde casi todos los gobiernos se han preocupado por la necesidad de construir ferrocarriles (Urquijo, 2006), en el marco de políticas orientadas a la construcción de carreteras (Delgado y Manama, 2007).

Desde la perspectiva de los gremios, como la Cámara Colombiana de la Infraestructura y la Asociación Nacional de Instituciones Financieras, se ha resaltado la necesidad de mejorar la conectividad interna y de vocación internacional mediante el desarrollo de una infraestructura de transporte eficiente y multimodal que reduzca los costos del transporte y mejore la competitividad de los productos nacionales. En efecto, se argumenta que la conexión entre los diferentes modos de transporte, incluyendo el ferroviario, podría ser el factor determinante para incrementar los niveles de eficiencia del transporte de carga, a partir de una reducción en los costos de transporte (Clavijo et al., 2014). Esto, sin duda, sería de beneficio general, bajo el entendido de que el crecimiento en infraestructura y logística forman parte de las recomendaciones para mejorar la competitividad nacional (Lombana y Gutiérrez, 2009).

Por otra parte, Pineda-Jaramillo y Sarmiento (2014), a partir de un grupo focal conformado por representantes de algunas empresas generadoras y receptoras de carga de Antioquia, mostraron que los empresarios antioqueños estarían dispuestos a considerar el ferrocarril para transportar sus productos hacia la costa norte, siempre y cuando se promocionen las ventajas del ferrocarril mediante campañas educativas. Aunque manifestaron sus preocupaciones por el efecto que pudiera tener el ferrocarril sobre la estabilidad laboral de los conductores de camiones, los empresarios identificaron el costo y la frecuencia de servicio como las variables influyentes en la elección entre carretera y ferrocarril. Para los empresarios consultados fue claro que la oferta de un ferrocarril de carga disminuiría el costo del servicio de transporte, lo que provocaría, en consecuencia, la disminución del precio de sus productos y podría generar una mayor demanda de producción.

#### 4. El transporte del carbón

Entre todos los minerales que se producen en Colombia, el carbón es, sin duda, el de mayor importancia gracias a los volúmenes de carga que son transportados (Correa y Gómez, 2009). Aproximadamente el 75% del volumen de comercio exterior colombiano proviene de 2 productos: el carbón mineral y los combustibles, que representan el 18% del valor total de las exportaciones (Barbero, 2006). Las estadísticas consolidadas del año 2012 indican que el ferrocarril transporta alrededor del 28% de la carga nacional y es usado casi exclusivamente para el transporte de carbón desde las grandes minas hacia los puertos de exportación y también hacia el interior del territorio nacional (Yepes et al., 2013a). Por ejemplo, en el año 2012 se transportaron 77 millones de toneladas de carga por ferrocarril, de las cuales únicamente 20.000 toneladas correspondían a productos diferentes al carbón, lo que demuestra el nivel

de especialización del ferrocarril para el transporte de carbón en 2 líneas exclusivas.

En contravía del paradigma que supedita la rentabilidad del ferrocarril a servicios de larga distancia (Mendoza et al., 2015), solo las 2 líneas dedicadas al transporte del carbón extraído de las grandes minas han podido consolidarse como redes ferroviarias rentables y de gran intensidad de carga (Yepes et al., 2013b): la línea entre La Loma y Ciénaga, de 220 km, y la línea entre El Cerrejón y Puerto Bolívar, de 150 km. En ambos casos, la integración vertical de las empresas multinacionales (que controlan la mina, el ferrocarril y el puerto de embarque) garantiza su rentabilidad, pero, a la vez, dificulta que la actividad carbonera promueva o genere la conformación de clústeres en los que las diferentes empresas cooperen y se complementen en la producción (Bayona, 2016). Además, como el mineral se extrae para ser comercializado en mercados externos, sin ninguna transformación, no ha coadyuvado a reducir el rezago económico de las regiones productoras y, en cambio, ha generado importantes impactos ambientales que son comunes a la asociación entre minería y ferrocarril, tal como se ha documentado en otros países de la región (Rojas, 2013).

De todas formas, debido a la precariedad de la red de ferrocarriles, que no comunica a los distritos mineros del interior del territorio nacional con los centros de exportación o de consumo, se encuentra que cerca del 10% de la producción nacional de carbón es transportada por los modos carretero y fluvial. Otro factor determinante en la cuota de mercado de estos 2 modos es, justamente, que el 16% del carbón producido se dirige al consumo interno, lo que obliga al uso de modos alternativos para el transporte del mineral a los centros urbanos que no tienen acceso a la red de ferrocarriles (Clavijo et al., 2014). Esta característica de la red ferroviaria nacional —no estar conectada con importantes centros de producción y consumo— ayuda a entender que el ferrocarril no sea competitivo para el transporte de otros bienes y que se haya especializado en el transporte de carbón de exportación.

Aunque es clara la preponderancia del ferrocarril en el transporte de carbón con fines de exportación, desde las zonas carboníferas de La Guajira y Cesar, es importante señalar que Colombia cuenta con reservas probadas de carbón por un lapso de 46 años contados a partir del año 2010 (Franco, Gallo y Franco, 2010). Por tal razón, estudiar la forma de optimizar el transporte de carbón en Colombia se ha considerado una tarea de gran importancia, especialmente con miras a la exportación del carbón que se produce en los distritos mineros del interior del territorio nacional, cuyo potencial se ha desaprovechado debido a la falta de capacidad de las infraestructuras existentes, que no permiten transportar el mineral en grandes volúmenes (Márquez, 2011b).

Precisamente, la modelación de una red de transporte combinado para la exportación del carbón del interior de Colombia mostró que los carbones de Boyacá, Cundinamarca, Santander y Norte de Santander podrían ser transportados mediante estrategias de integración entre las carreteras, el ferrocarril y el río Magdalena, y demostró que, más que la competencia entre los modos de transporte, se debe buscar su complementariedad, tal como ha sido recomendado en algunos documentos de política (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 1995). Las estrategias de integración modeladas, en especial las combinaciones ferroviario-fluvial y carretero-fluvial, señalan la posibilidad de establecer un centro de transferencia de carga que podría llegar a manejar hasta el 12,5% de la producción total del carbón colombiano, equivalente a 18 millones de toneladas al año (Márquez, 2011b). Si bien sería necesario realizar grandes inversiones para integrar el sistema, se ha demostrado que una importante reducción de las externalidades ocurriría al considerar este tipo de estrategias (Márquez y Cantillo, 2013), lo que constituye un beneficio relevante para la evaluación económica del proyecto. De manera complementaria, Rincón (2007) argumenta que, al enlazar los distritos productores de carbón a



la red ferroviaria mediante la rehabilitación de algunos tramos, se lograría la especialización del ferrocarril que, con el tiempo, facilitaría el comercio exterior de productos diferentes al carbón.

## 5. Aspectos técnicos

Si bien el ferrocarril de Panamá se construyó entre 1849 y 1854, cuando todavía pertenecía a una provincia colombiana, en realidad el primer ferrocarril considerado estrictamente colombiano es el de Barranquilla a Puerto Colombia, construido entre 1869 y 1871, y fue allí donde se puso a prueba el nivel de la ingeniería nacional (Poveda, 2002). Desde esa época se han discutido varios aspectos técnicos y, específicamente, la literatura se ha ocupado de estudiar el ancho de trocha, la capacidad ferroviaria, la eficiencia del ferrocarril en comparación con el modo carretero, las estrategias de integración modal y las funciones de costo para la modelación estratégica del transporte de carga.

Un ferrocarril es una vía conformada por 2 perfiles paralelos, más conocidos como rieles, que permiten el desplazamiento de diversas clases de vehículos ferroviarios, cuya tracción es proporcionada sobre todo por motores eléctricos o motores diésel-eléctricos (Hay, 1982). El ancho de trocha, que se puede definir como la separación entre los rieles paralelos, ha sido uno de los aspectos técnicos que más se ha debatido con relación al ferrocarril colombiano, sin llegar a una conclusión definitiva. Casi toda la red ferroviaria nacional presenta en la actualidad ancho de trocha angosta, de 1 yarda o 914,4 mm, a excepción del ferrocarril de El Cerrejón, diseñado y construido con ancho de trocha estándar de 1.435 mm. Colombia adoptó el ancho de trocha angosta con el fin de reducir los costos de construcción (Rey, 2002), ya que, desde el punto de vista del trazado geométrico, el menor ancho permitía el diseño de menores radios para las curvas horizontales (Hay, 1982), un mejor ajuste del trazado a la topografía montañosa de la región andina, además de un menor volumen de movimiento de tierra y la necesidad de una menor franja de terreno como derecho de vía.

Con referencia exclusiva al transporte de carga, es decir, sin considerar el transporte de pasajeros por ferrocarril, la literatura prueba que, donde las condiciones del mercado lo exigieron, la trocha angosta demostró ser capaz de producir rendimientos similares a los de la troncha estándar (Rey, 2002). Sin embargo, la adopción de la trocha angosta para el ferrocarril colombiano tuvo importantes implicaciones en indicadores técnicos de desempeño como la velocidad, que es directamente proporcional al ancho de trocha (Togno, 1982), y la capacidad ferroviaria, que depende de la velocidad de operación, aunque es más sensible a la distancia entre estaciones (Márquez, Vega y Poveda, 2011).

Además de adoptar la trocha angosta, ante la escasa densidad del tráfico ferroviario esperado, se decidió construir ferrocarriles de una sola vía ya que, en su momento, las líneas de doble vía resultaban innecesarias en la práctica. Esta decisión, que afecta negativamente la capacidad ferroviaria y complica sobre todo la prestación de servicios compartidos para pasajeros y carga (Márquez et al., 2011), hizo que, desde su inicio, el ferrocarril colombiano se asociara tecnológicamente con una infraestructura de interés local y desempeño limitado (Rey, 2002), de modo que Colombia no contó con un sistema de transporte ferroviario que comunicara sus regiones de manera rápida y a bajo costo (Vasco, 2008). En el caso latinoamericano la situación no es más alentadora: en Argentina, Brasil, Chile y Perú, las redes ferroviarias tienen 2 o 3 trochas diferentes, lo que complica el transporte de mercancías por las necesidades de transbordo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1994).

Estudios realizados sobre la capacidad ferroviaria, en el caso específico del ferrocarril Bogotá-Belencito, han mostrado grandes diferencias de capacidad que dependen de las condiciones

topográficas del terreno donde se localiza el trazado. Por ejemplo, el tramo entre Bogotá y La Caro, localizado sobre terreno predominantemente plano, tiene una capacidad de 22 trenes diarios, mientras que el tramo entre Villapinzón y Tierranegra, caracterizado por fuertes pendientes, tiene una capacidad teórica máxima de 12 trenes al día (Márquez et al., 2011). Esta situación se torna más crítica debido a las restricciones de arrastre que limitan la configuración de los trenes en altas pendientes, así como la presencia de numerosos pasos a nivel, que interrumpen el tráfico ferroviario y lo hacen ineficiente a causa de la variación de los rangos de aceleración durante la marcha (Sánchez, 2011). No obstante, Márquez et al. (2011) demostraron que es posible aumentar la capacidad ferroviaria del corredor actuando en la rehabilitación de las estaciones para permitir el cruzamiento de trenes y reduciendo, además, la distancia entre estaciones mediante la provisión de nueva infraestructura. También es posible conseguir incrementos de capacidad actuando sobre la velocidad del sistema, que en la actualidad oscila entre 25 y 50 km/h (Márquez y Cantillo, 2011).

Aunque el ancho de trocha, la velocidad y la capacidad son factores que inciden en la operación ferroviaria, Vasco (2012), empleando la técnica de análisis envolvente de datos, demostró, para el caso colombiano, que el ferrocarril es mucho más eficiente que el modo carretero. De manera particular, con relación a uno de los aspectos técnicos que normalmente ha sido considerado desfavorable para el ferrocarril, Vasco (2012) encontró que, si bien las condiciones topográficas se constituyen en un elemento importante, su inclusión en el análisis no produce resultados a favor ni en contra de los 2 modos alternativos, pues claramente el ferrocarril se enfrenta a los mismos retos que la carretera al momento de sortear las difíciles pendientes de la geografía nacional. Su trabajo concluye que el Gobierno nacional debería invertir en el ferrocarril, integrándolo a una estrategia de transporte intermodal, puesto que las decisiones de inversión en proyectos de infraestructura no deberían guiarse solo por el retorno de la inversión en términos del enfoque clásico, sino que es imprescindible tomar en cuenta el valor técnico y estratégico que la inversión en ferrocarriles traería.

La revisión de la literatura mostró que estas estrategias de integración no solo han sido propuestas por varios investigadores sino que se han evaluado técnicamente mediante modelos estratégicos de transporte de carga. Roda (2006), por ejemplo, apoyado en un modelo de asignación de flujos de transporte de carga, demostró que entre los proyectos que más contribuyen al comercio exterior se encuentran los del ferrocarril, siempre y cuando sean desarrollados centros de transferencia que permitan su integración logística con los puertos, en especial con el puerto de Santa Marta que, al ser modelado en el escenario de puesta en marcha del ferrocarril, exhibió algunas restricciones de capacidad.

Más recientemente, fijando el horizonte de análisis en el año 2019, Márquez (2011b) estudió un modelo de red conformado por los modos de transporte por carretera, ferrocarril y fluvial, y logró identificar las rutas óptimas para transportar el carbón extraído en el interior del país hacia los puertos marítimos de exportación. Tomando como referencia los costos de transporte del modo fluvial, que resultó ser el más favorable de todos, las estimaciones realizadas mostraron que el ferrocarril es tan solo 1,53 veces más costoso que el río, mientras que el modo carretero lo es 3,34 veces más. Se resalta el hecho de que, con el fin de obtener los costos logísticos adecuados (Arango, Gómez y Zapata, 2013), el referido estudio estimó el costo de transferencia de carga considerando las actividades de entrada, descargue, acopio, almacenamiento, manejo, cargue y uso de instalaciones, y encontró un valor promedio de 8.992 pesos colombianos por tonelada (aproximadamente 4,8 dólares), suponiendo condiciones óptimas de transferencia de carga en cuanto a tecnología y equipos que se usan para las maniobras en los centros de transferencia.

Por último, la literatura muestra que se ha abordado, de manera específica, el análisis de las funciones de costos del ferrocarril para la modelación estratégica del transporte de carga en Colombia. Trabajos como los de Márquez (2011a), Márquez y Cantillo (2011), Silva (2012) y Márquez y Cantillo (2013) no solo han parametrizado funciones de costos generales para los diferentes modos de transporte, sino que han explorado formas funcionales específicas para modelar el transporte de carga por ferrocarril que toman en cuenta la velocidad, radio de curvas horizontales, pendiente media y ancho de trocha. Los avances logrados por estas investigaciones dejan ver que en el futuro se podrán hacer modelaciones con mejores parámetros de costos y con funciones que representen más fielmente las condiciones en las que se desarrolla el transporte de carga en Colombia.

## 6. Consideraciones finales

A pesar de que la participación del modo ferroviario en el reparto modal del transporte de productos diferentes al carbón es muy baja, el ferrocarril colombiano está aferrado a la memoria de la nación y a la visión de un proyecto de país moderno (Nieto, 2011). El Gobierno nacional, al declarar de importancia estratégica el proyecto de *Rehabilitación de vías férreas a nivel nacional a través del sistema de concesiones* (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2013), ha enviado una señal clara del significado que tiene el ferrocarril como eje estratégico que contribuye al desarrollo de los centros de producción. No obstante, en la práctica se presenta una fragmentación de la red vial nacional que dificulta su reactivación y su futura consolidación como un modo articulado con el sistema de transporte de carga colombiano.

El ferrocarril del Atlántico es un buen ejemplo de esta fragmentación. Aunque la concesión inicial del Atlántico se había hecho por 30 años, contados desde 1999, en el año 2006 se hizo la desafectación de las líneas localizadas entre Belencito, Bogotá y Chiriguaná, y se dispuso la construcción de la segunda línea entre Chiriguaná y Santa Marta, dejándola dentro de la concesión. Básicamente lo que se logró fue especializar parte del ferrocarril del Atlántico para el transporte del carbón producido en Cesar, dejando el resto de la red, desarticulada, a cargo de la nación. Información del año 2012 indica que el Gobierno busca entregar en concesión la red desafectada, junto con el resto de la red ferroviaria nacional no concesionada, con el fin de buscar su rehabilitación y construir nuevos tramos (Yepes et al., 2013a).

Estudios relacionados con el financiamiento de infraestructuras de transporte en Colombia han evidenciado que el desarrollo del mercado de capitales facilitaría la participación de inversionistas de largo plazo en proyectos de infraestructura de transporte, incluso en aquellos relacionados con el ferrocarril, bajo la figura de las alianzas público privadas. Pero parece imprescindible generar la confianza suficiente para atraer recursos de inversionistas institucionales, como fondos de pensiones obligatorias y compañías de seguros de vida, hacia el financiamiento de proyectos de infraestructura en el sector transporte (Serrano, 2010), idealmente, en el marco de un sistema de transporte articulado en el que sean involucrados el ferrocarril y los demás modos de transporte.

Al respecto, en el ámbito internacional se están estableciendo políticas por medio de planes maestros de transporte que fomentan la articulación de diferentes modos de transporte y hacen más eficiente la movilización de carga (Clavijo et al., 2014). Para el caso colombiano, dicha articulación cobra especial importancia, puesto que la geografía del territorio no permite que cada modo de transporte se siga viendo de manera independiente, lo que genera sobrecostos que se podrían evitar si se adopta una estrategia intermodal (Gutiérrez, 2013). Así pues, el futuro del ferrocarril en Colombia no debe ser entendido de manera aislada, sino que

debe ser visto en el marco de su articulación con otros modos de transporte, bien sea como un eslabón del transporte multimodal o como el componente de una estrategia de transporte combinado (Bendul, 2011), en la que un mismo vehículo transportador utiliza la combinación de modos (Mendoza et al., 2015). Es bueno aclarar, además, que el transporte multimodal no solo estaría referido al transporte internacional, sino que contemplaría también la posibilidad de transportar carga por medios multimodales en un contexto de transporte interno (Beavers, 2013), empleando más de un tipo de vehículo para transportar la carga (Bielli, Boulmakoul y Mounicif, 2006), pero mediando un único contrato de transporte.

De manera complementaria a la integración modal, otro tópico que debería ser estudiado es el de la diversificación de productos transportados por ferrocarril. Colombia se ha especializado en el transporte de grandes volúmenes de carbón en cortas distancias, pero ha desaprovechado las bondades del ferrocarril para el transporte de otros productos. Dicha especialización focaliza la actividad ferroviaria en el transporte del carbón producido en las grandes minas, pero excluye el carbón de los distritos mineros del interior. En el caso mexicano, en cambio, el transporte de mercancías por ferrocarril se ha concentrado en productos industriales, agrícolas y minerales, tal como lo expone Medina (2013). La distribución de la carga mexicana que se transporta por ferrocarril corresponde con los grandes volúmenes y pesos que tienen los productos involucrados, ideales para el transporte ferroviario. Entonces, en el caso colombiano, dada la vocación agrícola de las regiones que podrían ser conectadas por el ferrocarril, se debería explorar esa posibilidad. No se debe perder de vista que la relación existente entre la comercialización de productos agrícolas tradicionales (como el café y el banano) y la expansión ferroviaria había sido estudiada por Muriel (1983) y más recientemente por Correa (2013a), en el contexto regional de Norte de Santander. Estas y algunas otras investigaciones sobre el transporte de productos agrícolas por ferrocarril bien podrían retomarse con el fin de proponer estrategias que permitieran embarcar al tren algunos de estos productos.

De todas formas, se advierte que no es posible garantizar que las inversiones en infraestructuras ferroviarias o de integración modal impulsen por sí solas la diversificación de los productos que se movilizan por ferrocarril o que produzcan el aumento de la competitividad de los productos nacionales (Yepes et al., 2013b). Es decir que, a pesar de que la infraestructura ferroviaria en Colombia sea insuficiente, no por eso se debe recomendar *per se* el desarrollo de nuevos proyectos ya que, claramente, la rentabilidad del ferrocarril como alternativa de transporte depende de las condiciones del terreno, la extensión de los recorridos y del tipo de carga que se transporta. En todo caso, los modelos estratégicos deberían ser empleados para evaluar los impactos que nuevas infraestructuras ferroviarias producirían en el sistema de transporte nacional, considerando, además, el análisis de externalidades para hacer una justa evaluación con óptica social.

## 7. Conclusiones

Este artículo realizó una revisión descriptiva de la literatura publicada sobre el ferrocarril colombiano, en el ámbito del transporte de carga, tomando como base un total de 61 referencias, que en su mayoría corresponden a revistas científicas arbitradas, 36 de ellas nacionales y 9 internacionales. Por el número de artículos publicados sobre el tema, entre las revistas nacionales que sobresalen, están: *Revista de Ingeniería*, *Revista de Economía Institucional*, *Boletín de Ciencias de la Tierra*, *Estudios Gerenciales*, *Ingeniería e Investigación*, *Revista de Economía del Caribe* y *Revista EIA*. Además de 5 libros con respaldo editorial, fueron consultados 2 tesis de grado, una tesis doctoral y 8 documentos producidos por gremios e instituciones como: Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles,

Asociación de Instituciones Financieras, Banco Interamericano de Desarrollo, Consejo Nacional de Política Económica, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Departamento Nacional de Planeación y FEDESARROLLO.

Mientras se documentó la revisión, cuyo propósito fue identificar algunas líneas de investigación encaminadas a formular una visión de futuro del transporte de carga por ferrocarril en Colombia, fueron decantándose 4 temas recurrentes tratados en la literatura: los problemas del Estado para administrar y mantener la infraestructura ferroviaria, la competencia entre el ferrocarril y el modo de transporte carretero, el transporte del carbón por ferrocarril y, finalmente, algunos aspectos técnicos relevantes como el ancho de trocha, la capacidad ferroviaria, la eficiencia del ferrocarril, la integración modal y la modelación del transporte.

El primer tema, referido a los problemas administrativos del Estado, tuvo sustento en una serie de trabajos con perspectiva histórica y económica: es posible resaltar las constantes aportaciones de Correa (2010, 2012b, 2013a, 2013b, 2015) y el interesante punto de vista de Meisel et al. (2014), al plantear que los problemas administrativos del Estado son relativos, tal como se puede corroborar en la mayoría de los casos documentados. Como se discutió en esta primera parte del trabajo, los planes de ajuste fiscal, así como los errores estatales en lo contractual, administrativo y gerencial, determinaron la decadencia del ferrocarril colombiano, cuyos primeros síntomas fueron la excesiva demora de algunas obras y los sobrecostos (originados en contratos desventajosos con pocas contraprestaciones reales), que con el tiempo condujeron al detrimento patrimonial del Estado.

En segundo lugar, con relación a la competencia entre el ferrocarril y el modo de transporte carretero, además de algunos trabajos con perspectiva histórica y económica, fueron revisados artículos con óptica administrativa e ingenieril, que trajeron a la discusión aspectos como las externalidades, el reparto modal del transporte de carga en Colombia y, especialmente, la falta de complementariedad entre los modos de transporte disponibles, temática que no solo fue tratada desde la literatura académica sino que se alimentó de serias discusiones llevadas a cabo por algunas asociaciones gremiales. Se encontró que, así como la inversión pública ha sido y seguirá siendo determinante en el futuro del ferrocarril colombiano, también lo será la convicción de los empresarios sobre las ventajas del ferrocarril, que deberían ser promocionadas por el Estado a la par que las nuevas inversiones, con miras a cambiar la percepción que se tiene sobre el ferrocarril.

El tercer tema, referido al transporte del carbón por ferrocarril, llevó la discusión al ámbito de la logística y la economía del transporte. La revisión mostró el alto grado de especialización del ferrocarril colombiano para el transporte de carbón en grandes volúmenes y corta distancia, lo que rompe el paradigma de rentabilidad del ferrocarril condicionado a servicios de larga distancia. La baja competitividad del ferrocarril para el transporte de otros bienes, entre los que se incluye el carbón producido en el interior del territorio nacional, se explica por la precaria conectividad de la red ferroviaria nacional. Sin embargo, estudios que han modelado redes de transporte combinado permiten concluir que el ferrocarril, integrado con la red carretera y el río Magdalena, haría viable el transporte del carbón desde el interior del país y facilitaría, además, el comercio exterior de productos diferentes al carbón, gracias a las inversiones en infraestructura que serían necesarias para poner en marcha esta integración modal.

El último tema agrupó un conjunto de trabajos que abordaron el problema del transporte de carga por ferrocarril desde la óptica económica, logística y, fundamentalmente, desde la ingeniería de transporte. Se encontró que el ancho de trocha y la capacidad ferroviaria no son necesariamente los aspectos más críticos, ya que, al actuar sobre algunos parámetros operacionales, como la velocidad y la distancia entre estaciones, es posible mejorar el rendimiento de

la red. La topografía del terreno colombiano tampoco es el aspecto crucial. Es posible que el aspecto más importante sea la integración del ferrocarril con los demás modos de transporte pues, como lo han mostrado algunas modelaciones estratégicas, es en los escenarios de transporte intermodal donde las inversiones del ferrocarril encuentran respaldo.

En conclusión, se recomienda decididamente investigar sobre las estrategias de integración entre el ferrocarril y otros modos de transporte, en el marco de un esquema de modelación estratégica del transporte, que implica la realización de investigaciones específicas sobre la demanda de diversos productos de exportación y consumo interno, la caracterización de costos de transporte y transferencia de las redes intermodales y la valoración y cuantificación de externalidades de transporte, que produzcan no solo la estimación de flujos de transporte desde la óptica privada sino la estimación de beneficios por la reducción de externalidades, para abordar el problema desde la óptica social. Idealmente, dichas investigaciones deberían ser desarrolladas por equipos interdisciplinarios que involucren científicos formados en ingeniería de transporte, logística, comercio internacional, política económica y economía, entre otros campos del saber.

### Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

- Arango, M. D., Gómez, R. A. y Zapata, J. A. (2013). Medición y mejoramiento de la operación de despacho de carbón a través de modelos estadísticos R&R. *Boletín Ciencias de la Tierra*, 33, 135–146.
- Arango, M. D., Díaz, C. E., Arias, J. E. y Lamos, H. (2014). Indicadores clave de desempeño para el sistema ferroviario: El caso colombiano. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(2), 56–65.
- Araque, E. (2015). El ferrocarril Baeza-Utiel. Crónica de un fracaso colectivo. *Investigaciones Geográficas*, 64, 7–24.
- Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (2003). *Manual de valoración de las externalidades en el transporte terrestre: Comparación de costos entre la carretera y el ferrocarril*. Buenos Aires: ALAF.
- Barbero, J. (2006). Los puertos públicos colombianos ante los retos del TLC. *Revista de Ingeniería*, 24, 101–103.
- Bayona, E. M. (2016). Producción de carbón y crecimiento económico en la región minera del Caribe colombiano. *Revista de Economía del Caribe*, 17, 1–38.
- Beavers, B. (2013). Domestic multimodal shipping. *Defense Transportation Journal*, 8–12.
- Benavides, D. y Escobar, H. A. (2014). El ferrocarril de Girardot, el gigante vencido por la corrupción. *Revista Dimensión Empresarial*, 12(1), 98–110.
- Bendul, J. C. (2011). *Performance-oriented integration of combined transport into supply chain concepts*. [Tesis, doctorado en administración]. Alemania: University of St. Gallen.
- Bielli, M., Boulmakoul, A. y Mouncif, H. (2006). Object modeling and path computation for multimodal travel systems. *European Journal of Operational Research*, 175(3), 1705–1730.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (1994). El regionalismo abierto en América Latina y el Caribe: La integración económica al servicio de la transformación productiva con equidad. Organización de las Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Clavijo, S., Vera, A., Malagón, D., Parga, A., Joya, S., Ortiz, M. C., et al. (2014). *Costos de transporte, multimodalismo y la competitividad de Colombia*. Bogotá: Asociación Nacional de Instituciones Financieras, Centro de Estudios Económicos.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (2013). Documento Conpes 3748, Importancia estratégica de la rehabilitación de los corredores férreos La Dorada-Chiriguán y Bogotá-Belencito. Consejo Nacional de Política Económica y Social, Bogotá.
- Correa, A. y Gómez, R. A. (2009). Cadena de suministro en el sector minero como estrategia para su productividad. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 25, 93–102.
- Correa, J. S. (2010). Inversión extranjera directa y construcción de ferrocarriles en Colombia: el caso del ferrocarril de Panamá (1849-1869). *Estudios Gerenciales*, 26(115), 141–160.
- Correa, J. S. (2012a). El ferrocarril de Antioquia: empresarios extranjeros y participación local. *Estudios Gerenciales*, 28(123), 149–166.
- Correa, J. S. (2012b). El ferrocarril de Bolívar y la consolidación del puerto de Barranquilla (1865-1941). *Revista de Economía Institucional*, 14(26), 241–266.
- Correa, J. S. (2013a). Café y transporte en Colombia: el ferrocarril de Cúcuta. *Revista de Economía Institucional*, 15(29), 227–251.
- Correa, J. S. (2013b). Modelos de contratación férrea en Colombia: el Ferrocarril del Cauca en el siglo XIX. *Historia Crítica*, 51, 199–222.

- Correa, J. S. (2015). Ferrocarriles y soberanía: el ferrocarril de Panamá, 1850-1903. *América Latina en la Historia Económica*, 22(2), 28–49.
- Cuadros, M. D. (2011). Santander en declive: el fracaso de Bartolomé Rugeles con sus inversiones en torno al ferrocarril de Puerto Wilches 1903-1916. *Anuario de Historia Regional y de las Fronteras*, 16(1), 151–173.
- De la Puente, M. A. (2012). Inversión pública y restricción presupuestaria en la infraestructura de transporte en Colombia: 1960-2011. *Revista de Economía del Caribe*, 10, 160–202.
- Delgado, Y. y Manama, L. (2007). Ferrocarril venezolano: mirando el pasado y presente. *Compendium*, 19, 31–45.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP (1995). Documento Conpes 2776. Estrategia para la modernización de la red férrea. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP (2008). Rehabilitación de vías férreas a través del sistema de concesiones. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- Franco, G., Gallo, A. F. y Franco, E. (2010). El carbón colombiano y el modelo de Hotelling. *Revista EIA*, 14, 67–74.
- Gutiérrez, J. A. (2013). El ciclo económico del transporte de carga terrestre carretero en Colombia. *Revista Criterio Libre*, 11(18), 125–154.
- Hay, W. (1982). *Railroad engineering* (2.ª edición). Estados Unidos de América: John Wiley & Sons.
- Kohon, J., Champin, J., Rodríguez, M. y Cortés, R. (2016). *Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia*. Bogotá: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lombana, J. y Gutiérrez, S. R. (2009). Marco analítico de la competitividad: Fundamentos para el estudio de la competitividad regional. *Pensamiento y Gestión*, 26, 1–38.
- Márquez, L. (2011a). Estimación de costos externos marginales de los modos de transporte carretero, fluvial y ferroviario en Colombia. *Ingeniería e Investigación*, 31(1), 56–64.
- Márquez, L. (2011b). Optimización de una red de transporte combinado para la exportación del carbón del interior de Colombia. *Revista EIA*, 16, 103–113.
- Márquez, L. y Cantillo, V. (2011). Evaluación de los parámetros de las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga para Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*, 29(2), 286–307.
- Márquez, L. y Cantillo, V. (2013). Evaluating strategic freight transport corridors including external costs. *Transportation Planning and Technology*, 36(6), 529–546.
- Márquez, L., Vega, L. A. y Poveda, J. C. (2011). Evaluación de la capacidad ferroviaria del corredor Bogotá-Belencito. *Revista de Ingeniería*, 35, 12–19.
- Medina, S. (2013). El transporte ferroviario en México. *Comercio Exterior*, 63(4), 7–13.
- Meisel, A., Ramírez, M. T. y Jaramillo, J. (2014). Muy tarde pero rentables: Los ferrocarriles en Colombia durante el período 1920-1950. *Cuadernos de historia económica y empresarial*, 34, 1–51.
- Mendoza, C., Alfaro, J. y Paternina, C. (2015). *Manual práctico para gestión logística*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Muriel, R. D. (1983). Colombia: desarrollo de la economía primaria exportadora y expansión ferroviaria 1880-1929. *Lecturas de Economía*, 11, 11–65.
- Nieto, C. E. (2011). El ferrocarril en Colombia y la búsqueda de un país. *Apuntes*, 24(1), 62–75.
- Ortiz, C. H. (2014). Política y crecimiento económico en Colombia, 1906-2009. *Revista de Economía Institucional*, 16(31), 195–222.
- Pachón, A. y Ramírez, M. T. (2006). *La infraestructura de transporte en Colombia durante el siglo xx*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Pérez, E. (1998). Los ferrocarriles y el desarrollo regional y urbano de Colombia. *Bitácora Urbano Territorial*, 1(2), 8–19.
- Pineda-Jaramillo, J. D. y Sarmiento, I. (2014). Variables influyentes en la elección entre carretera y ferrocarril para carga general de comercio exterior. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 29–37.
- Poveda, G. (2002). El primer ferrocarril en Colombia. *Dyna*, 69(137), 61–73.
- Renner, M. y Gardner, G. (2010). *Global competitiveness in the rail and transit industry*. Washington, D.C: Worldwatch Institute.
- Rey, F. (2002). Comparaciones técnicas entre los anchos de trocha ferroviaria yarda y estándar a propósito del proyecto del tren de cercanías. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 12, 65–80.
- Rincón, F. (2007). *Análisis del sistema férreo en Colombia 1994-2005 [tesis de grado, Programa de Economía]*. Bogotá: Universidad San Buenaventura.
- Roda, P. (2006). Modelación del transporte de los flujos de comercio exterior colombiano. *Revista de Ingeniería*, 24, 104–106.
- Rojas, F. (2013). Rol de la minería y el ferrocarril en el desmonte del oeste riojano y catamarqueño (Argentina) en el período 1851-1942. *Población y Sociedad*, 20(2), 99–123.
- Rodríguez, C. M. (2013). *Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional [tesis de grado, Administración de Negocios Internacionales]*. Bogotá: Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
- Sanclémente, C. (2011). Ingeniería e Investigación (edición especial). *El devenir de la ingeniería colombiana*, (31), 16–20.
- Sánchez, H. M. (2011). Descripción de la infraestructura ferroviaria. *L'esprit Ingénieux*, 2(1), 74–81.
- Serrano, J. (2010). Financiamiento de infraestructura de transporte. *Revista de Ingeniería*, 32, 108–116.
- Silva, L. (2012). Aproximación a una función de costos para modelación de la red ferroviaria colombiana. *Ingenio Magna*, 3, 66–71.
- Togno, F. (1982). *Ferrocarriles* (2.ª ed.). México D.F.: Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Urquijo, J. I. (2006). Los primeros ferrocarriles de Venezuela: proyectos, tanteos, sueños e ilusiones. *Revista sobre Relaciones Industriales y Laborales*, 42, 9–59.
- Vasco, C. A. (2008). Ferrocarriles colombianos, artífices de desarrollo económico futuro de la integración nacional. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 93, 1–20.
- Vasco, C. A. (2012). Economic evaluation of current conditions of competition and efficiency of automotive and rail systems in Colombia. *Energy Policy*, 46, 78–87.
- Yepes, T., Ospina, G., Aguilar, J., Calderón, L., Concha, T., Junca, J. C. y Martínez, S. (2013). *Indicadores del sector transporte en Colombia: Informe consolidado*. Bogotá: Fedesarrollo, Centro de Investigación Económica y Social.
- Yepes, T., Ramírez, J. M., Villar, L. y Aguilar, J. (2013). Infraestructura de transporte en Colombia. *Cuadernos Fedesarrollo*, 46, 1–144.