

**Universidad de los Andes**  
**Facultad de Economía**

**EFFECTO DEL CAMBIO EN LOS COSTOS DE TRANSPORTE SOBRE EL  
CRECIMIENTO REGIONAL COLOMBIANO<sup>φ</sup>**

Presentado por:

**LINA MARÍA SÁNCHEZ CÉS PEDES**

Asesor: **Fabio Sánchez Torres**

**Resumen**

El objetivo del presente estudio es determinar el efecto de los cambios en los costos de transporte sobre el crecimiento regional colombiano. El estudio parte del hecho de que al disminuir los costos de transporte las regiones tienden a especializarse en lo que son más productivas, lo que afecta el crecimiento regional. Lo cual ocurre a través del cambio de las áreas de mercado de los bienes o servicios que produce cada región. Al disminuir los costos de transporte las áreas de mercado de las regiones aumentan para los productos en que son más eficientes, y disminuyen para los productos en que son menos eficientes. A partir de la relación de los costos de los transporte con la especialización, y de esta última con el crecimiento se desarrolla un modelo teórico de crecimiento global con costos de transporte. El análisis empírico se divide en dos partes: En la primera parte se determinan las relaciones costos de transporte-especialización y especialización-crecimiento para los sectores agrario e industrial; en la segunda, se estima la relación crecimiento regional - costos de transporte. Los resultados del estudio indican que la disminución de los costos de transporte aumenta la especialización en los sectores agrario e industrial. Por su parte, la especialización agraria afecta positivamente el crecimiento de este sector, en cambio la especialización industrial no tiene efecto significativo sobre el crecimiento del PIB manufacturero. En el estudio también se encuentra que los costos de transporte han tenido un gran efecto tanto en el crecimiento de largo plazo del PIB per cápita departamental, como en el crecimiento de corto plazo del PIB per cápita de las ciudades. También se encuentra que la decisión de localización de las empresas es afectada por la cercanía al mercado doméstico. Por último, se concluye que probablemente la disminución de los costos de transporte ha favorecido, tanto en el largo como en el corto plazo, a las regiones con mejor dotación de factores en mano de obra, servicios, infraestructura, etc., ya que las empresas por aumentar su productividad se trasladan hacia estas regiones perjudicando el crecimiento de las regiones menos productivas. Los costos de transporte se aproximan en el largo plazo por medio de mapas digitalizados, y en el corto plazo se utilizan los fletes entre ciudades.

**Palabras claves:** Costos de Transporte, Crecimiento Económico, Especialización y Geografía Económica.

**Clasificación JEL:** O40, R41, I91

---

<sup>φ</sup> Artículo realizado como tesis de Magíster en Economía en la Universidad de los Andes. Se agradece la colaboración y los comentarios de María Teresa Ramírez, Gilles Duranton y Fabio Sánchez, asesor de la investigación. Agradezco también los comentarios de María Constanza García y Juan Carlos Mendieta.

# 1. Introducción

La geografía económica ha tomado cada vez más importancia en las discusiones sobre el desarrollo, no solamente desde el punto de vista conceptual sino con relación a la política económica. Al hablar de geografía, regularmente se piensa en la ubicación de los factores de producción tales como la abundancia de recursos naturales, de mano de obra y de capital. No obstante, la importancia de las economías de escala, los flujos de información, los costos de transporte, la presencia de mano de obra calificada y la movilidad de los factores productivos le otorgan un nuevo papel a la geografía de la producción. Al tomar en cuenta estas externalidades los patrones de localización de la economía cambian, dando como resultado que las regiones que cuentan con mayor concentración, calificación y especialización de los recursos productivos sean las de mayor desarrollo y cuyas empresas son más competitivas.

Según Combes y Lafourcade (2001), el decrecimiento de los costos de transacción regional, y más específicamente de los costos de transporte, combinado con el incremento de los retornos, ofrece incentivos para que tanto el capital como la mano de obra se trasladen de regiones periféricas a centrales. Con base en ésta afirmación, el objetivo del presente estudio es determinar el efecto de los cambios en los costos de transporte de mercancías por carretera sobre el crecimiento regional colombiano.

El estudio parte del hecho de que al disminuir los costos de transporte aumenta la eficiencia del mercado y las regiones tienden a especializarse en lo que son más productivas, es decir los sectores tienen a especializarse, lo que afecta el crecimiento regional. Lo cual ocurre a través del cambio de las áreas de mercado de los bienes o servicios que produce cada región. Cuando los costos de transporte son altos varias regiones producen un mismo producto, aunque no todas ellas sean productivamente eficientes, lo que ocasiona una fragmentación del mercado. Al disminuir los costos de transporte las áreas de mercado de las regiones aumentan para los productos en que son más eficientes, y disminuyen para los productos en que son menos eficientes.

A partir de la relación costos de los transporte con la especialización, y de esta con el crecimiento se desarrolla un modelo teórico de crecimiento global con costos de transporte. En la literatura internacional se han estimado varios modelos de crecimiento

que tienen en cuenta la inversión en infraestructura vial, los cuales se basan en el modelo de Barro (1990). A diferencia de estos estudios, el presente artículo desarrolla un modelo de crecimiento que tiene en cuenta los cambios en los costos de transporte de una región a otras, y no la inversión en infraestructura en cada región. Esto permite capturar dos efectos: la función de la infraestructura vial como agente integrador regional y el efecto real de este tipo de infraestructura. El primer efecto se puede observar cuando se construyó el Puente Gustavo Rojas Pinilla en el municipio de Cajamarca, el cual no solo benefició al departamento del Tolima, sino que comunicó a los departamentos de la Zona Cafetera y Valle con Cundinamarca, entre otros. Para ejemplificar el segundo efecto se tienen que comparar los costos de construcción de dos tipos de infraestructura; por ejemplo la construcción de un kilómetro de túnel puede llegar a ser 50 veces más costosa que la construcción de un kilómetro de carretera, pero tener el mismo efecto en disminución de distancia o tiempo. De hecho, la construcción de un kilómetro de carretera en una región puede costar el doble que en otra región, ya sea por el tipo de terreno y/o suelo. En resumen, la inversión en infraestructura vial no es una medida adecuada para cuantificar el efecto de las vías sobre el crecimiento regional, debido a que ignora la función integradora de estas y su relación costo-beneficio.

Para observar mejor las relaciones entre los costos de transporte y la especialización, y de esta última con el crecimiento, el análisis empírico se divide en dos partes. En la primera parte se determinan las relaciones costos de transporte-especialización y especialización-crecimiento para los sectores agrario e industrial. Esto se hace con el fin de ilustrar lo que está detrás de la relación: crecimiento regional - costos de transporte. Por su parte, en la segunda parte se estima específicamente esta última relación para el corto y largo plazo.

Como ya se mencionó, la investigación hace un análisis del efecto de los costos de transporte sobre el crecimiento regional en el largo plazo (1952-2000 y 1976-2000), y sobre el crecimiento de las ciudades en el corto plazo (1987-2001). La importancia del análisis de largo plazo radica en que desde mediados del siglo pasado la distribución espacial de la industria presenta una marcada concentración, ya que la mayor parte de esta se ha localizado en las ciudades de Cali, Medellín y Bogotá. Por su parte, el análisis de corto plazo cubre el periodo de la apertura o internacionalización, que tenía entre otros

finés el incremento de la productividad a través de la especialización de las actividades con el fin de elevar el ingreso de las regiones y reducir las desigualdades territoriales. Sin embargo, en el sector manufacturero se han obtenido resultados contrarios, debido a la existencia de externalidades y de ventajas adquiridas por algunas regiones que favorecen la concentración estratégica de las firmas (Loteró, 1998).

Para aproximar los costos de transporte en el largo plazo se utilizaron las variables que lo determinan como la distancia real entre ciudades, la importancia de las regiones como origen y destino, el tipo de terreno que atraviesan las vías y la calidad de las vías (para construir algunas de estas variables se digitalizaron los mapas viales de 1952, 1976, 1988 y 2000). Adicional a estas variables, se calculan el radio de mercado de las regiones y un índice de lejanía de las mismas con respecto al total de la población de la muestra. Por su parte, en el corto plazo se consultan las tablas de fletes de la Federación Colombiana de Transportadores de Carga y del Ministerio de Transporte. Como proxy del PIB de las capitales se utiliza la proporción de impuestos que contribuye la capital a los impuestos recaudados en el departamento, multiplicada por el PIB departamental para cada año.

Los principales resultados de la investigación indican que la disminución de los costos de transporte ha incrementado la especialización en los sectores agrario e industrial. Por su parte, la especialización agraria afecta positivamente el crecimiento de este sector, en cambio la especialización industrial no tiene efecto sobre el crecimiento del PIB manufacturero. Esta diferencia entre los efectos de la especialización sobre los crecimientos de ambos sectores se debe posiblemente a la capacidad de movilidad de los factores de producción. En el sector agrario el factor más importante, la tierra, no se puede trasladar; por lo tanto, el efecto positivo de la especialización, y por ende de la disminución de los costos de transporte, se ve reflejado en cada región. En cambio, en el sector industrial las firmas pueden elegir trasladarse de zonas poco productivas a zonas más productivas, lo cual perjudica el crecimiento de las primeras y beneficia el de las segundas. Esto puede causar un intercambio (*Trade off*) entre crecimiento regional y crecimiento nacional; es decir, el crecimiento del país se centra en el crecimiento de sus regiones más productivas.

Por otro lado, la infraestructura vial esta cumpliendo su función integradora facilitando el comercio y permitiendo que las regiones se especialicen en lo que son más productivas. Sin embargo, para que haya una especialización total, los costos de transportes deben ser los menores para el bien en que cada región es más productiva.

El estudio también concluye que los costos de transporte han tenido un gran efecto tanto en el crecimiento del PIB per capita departamental en el largo plazo, como en el crecimiento del PIB per cápita de las ciudades en el corto plazo. Para el caso de las regiones en el largo plazo, las estimaciones econométricas señalan que la distancia real promedio de una ciudad a las demás ciudades tiene efecto negativo; no obstante, este efecto es atenuado por el tamaño de la región. Otro resultado importante es que la lejanía de una región al centro medio de la población afecta negativamente su crecimiento. Por su parte, las estimaciones de corto plazo indican un efecto positivo del decrecimiento de los costos de transporte (fletes) sobre el crecimiento de las ciudades.

El presente artículo se divide en nueve secciones, incluyendo la presente introducción. En la segunda sección se expone la literatura económica que se utiliza como base del estudio. En la tercera sección se muestran hechos estilizados referentes a la disminución de los costos de transporte y se exponen brevemente posibles causas de dicha disminución. En la cuarta sección se muestra uno de los dos modelos teóricos que se desarrollaron para explicar el efecto de los costos de transporte sobre el producto y el crecimiento del producto. En la quinta sección se exponen las fuentes de información y la construcción de las variables. En la sexta sección se muestra la descripción de las variables utilizadas en las estimaciones econométricas. En la séptima sección se determina el efecto de los costos de transporte sobre la especialización, y de esta última sobre el crecimiento en los sectores agrario e industrial para el periodo 1987-2001. Las estimaciones que relacionan el crecimiento del PIB per cápita y los costos de transporte se realizan para tres periodos: 1952-2000, 1976-2000 y 1987-2001, y se muestran y analizan en la octava sección. Por último, en la novena sección se exponen las conclusiones y las recomendaciones de política derivadas del estudio.

## 2. Revisión de Literatura

Los estudios relacionados con la localización de las actividades productivas y las disparidades entre regiones abarcan tanto los análisis de la Geografía Económica, como del Desarrollo Económico. En cuanto a la geografía económica, los costos de transporte aparecen en casi todas las hipótesis de las teorías de la localización como condicionantes de las ubicaciones espaciales regionales y de la utilización del suelo. Con relación al desarrollo económico, existen varias teorías y experiencias empíricas acerca del efecto del mejoramiento del transporte y la inversión en infraestructura sobre este.

Uno de los primeros estudios sobre localización industrial fue realizado por Weber (1909), donde considera un modelo de tres factores generales de localización entre los cuales se cuentan los costos de transporte y la distancia. Mas adelante (1929), este mismo autor supone que los costos de transporte son proporcionales a la distancia y al peso de los bienes; de esta forma la localización manufacturera depende de la localización de la materia prima y del mercado. Por su parte, Marshall (1920) con base en su concepción sobre externalidades, indica que existen al menos tres razones para la concentración espacial de actividades industriales: la configuración de un mercado localizado para trabajadores calificados en provecho tanto de los propios trabajadores, como de las firmas; la eficiente provisión de insumos no-comerciables (recursos propios de una región difíciles de comercializar) específicos para la industria, y el aprovechamiento de externalidades.

En 1957 Lösch introduce el concepto de regiones industriales, que abarca diversas actividades y se estructura como una mezcla de distritos y cinturones. Resalta que la interdependencia entre los mercados de los productos promueve la concentración de las firmas. Además, estudia las áreas de mercado y las relaciones existentes entre los costos de producción y el volumen de la demanda en función de la extensión del mercado medida en términos de distancia. Con relación a este aspecto, Lösch concluye que el número de equilibrio de firmas dentro de un área depende de los costos de transporte, y que el tamaño del área de mercado de una firma depende de sus costos de transporte. Acerca de este tema, Kilkenny (2005) concluye que en las economías en vía de desarrollo la reducción de los costos de transporte ayuda a expandir el tamaño del mercado para los productores domésticos; en contraste, en las economías desarrolladas la reducción de los

costos de transporte no pueden hacer que las áreas de mercado aumenten debido a que todas las áreas de mercado están incluidas para cada región de la economía.

Por otro lado, Walter Isard (1965) basa su teoría de aglomeración regional enfatizando en el factor transporte, que es tratado como un insumo más en la función de producción. Con la obra de Isard surgen los análisis de la economía regional basados en las interdependencias y flujos entre regiones. Las interrelaciones entre un centro y un área dieron lugar a modelos que usaron como indicadores de flujos espaciales representativos del intercambio de bienes y servicios, el volumen de pasajeros transportados, las comunicaciones telefónicas y el correo. Cabe mencionar los modelos gravitatorios donde la interacción entre masas de población depende de forma directa de la magnitud de dichas masas y varía inversamente con la distancia que las separa. Entre los trabajos que presentan el anterior enfoque se destacan los de Reilly (1931) y Converse (1949); este último se explica más en detalle en la quinta sección.

En épocas más recientes se destacan los trabajos realizados por Krugman; quien concluye que para minimizar los costos de transporte las firmas tienden a localizarse en las regiones de mayor demanda. Adicionalmente resalta el hecho de que la ubicación de la demanda en sí misma depende de la localización manufacturera. Esto origina un proceso circular en donde la industria se localiza en el centro y la agricultura en la periferia.

Para Estados Unidos, Chandra y Thompson (1999) examinan la relación del gasto en infraestructura en las vías Interestatales y el nivel de la actividad económica. Ellos concluyen que la disminución de los costos de transporte motiva el crecimiento de la industria e incluso la relocalización espacial de la misma. Por otra parte, Glasser y Kohlhase (2003) observan una reducción drástica en los costos de transporte, al menos para la comercialización de bienes, durante el siglo XX. De acuerdo con los autores, dicha reducción hizo que se disminuyera las ventajas de ubicarse cerca de los recursos naturales.

En cuanto a los modelos de crecimiento que tienen en cuenta la inversión en Infraestructura se destaca el modelo de Barro (1990), en el que incluye dicha inversión en la función de producción de las firmas. La infraestructura es financiada por un impuesto que equivale a una fracción del producto. Al resolver el modelo se obtiene un impuesto

con el cual se logra la tasa máxima de crecimiento de la economía. En este modelo el crecimiento del producto depende del crecimiento de la población y del gasto público. Sin embargo, los resultados empíricos de modelos de crecimiento que incluyen la inversión en infraestructura no presentan una evidencia unívoca. Aschauer (1989) incluyó el capital del sector público en la función de producción agregada y encontró que ejerce una gran influencia sobre la productividad del sector privado. Resultados similares encontraron Munnell (1990), Eberts (1986), García et al. (1992) y Sánchez(1993), este último para el caso colombiano. Pero Holtz-Eakin y Schuartz (1995) concluyeron que la inversión en infraestructura entre 1971 y 1986 en Estados Unidos tuvo un impacto insignificante sobre el crecimiento de la productividad.

En la Unión Europea también se han realizado trabajos sobre las desigualdades regionales. El libro “Desequilibrios territoriales en España y Europa” (1999) es un compendio de trabajos que estudian las tendencias de las desigualdades regionales y el papel de la inversión pública en la reducción de ellos, entre otros temas. Concluye que las desigualdades son más profundas entre regiones que entre países y; que en los últimos años, mientras los países han tenido una tendencia clara hacia la convergencia, en las regiones ha ocurrido lo contrario. De acuerdo a Esteban (1999) esto se debe a que la convergencia de los países más pobres de la UE hacia la media europea se concentra en sus regiones más ricas. Adicionalmente, Biehl, Niegsch y Nimmermann (1999) encontraron una correlación positiva entre infraestructura y crecimiento en las regiones más pobres, pero advierten que esto puede producir un *trade-off* en términos de crecimiento global del territorio.

Para Francia, Combes y Lafourcade (2001) desarrollan un modelo de geografía económica para investigar si los costos de transporte son una de las causas de los desequilibrios regionales y hacen una estimación estructural de dicho modelo con las 341 áreas de empleo de este país. Los autores encuentran una estructura fuerte de centro-periferia, lo cual revela que existen incentivos fuertes para la concentración de la industria. Con relación a la disminución de los costos de transporte indican que es un incentivo para la especialización de las regiones en Francia.

Aunque para Colombia los estudios de Geografía Económica y de Desarrollo Económico que tienen en cuenta los costos de transporte son muy escasos, cabe resaltar



los estudios de transporte regional para la evaluación de proyectos de infraestructura que se desarrollan desde finales de la década de los sesenta. Estos estudios son: “Un análisis de alternativas de inversión dentro del sistema de transporte colombiano” (Harvard University, 1968), “Estudio de transporte en el área del Río Magdalena” (Netherlands Economic Institute, 1974) y el Plan Maestro de Transporte (Ministerio de Transporte, 1994). El propósito de la planeación económica es conducir hacia el desarrollo económico, por tanto el fin de estos estudios es señalar los efectos de alternativas políticas. En este sentido el Modelo desarrollado por la Universidad de Harvard (1968) estima montos que son de particular interés para la toma de decisiones de política tales como: el ingreso, el consumo, la inversión, la producción y la balanza comercial. Los resultados del modelo para Colombia resaltan la importancia de la construcción de la carretera Buga – Buenaventura que disminuiría los costos de transporte de las importaciones que ingresaban al país por la Costa Norte. Además, el modelo señala que si la economía del país crece, el volumen de tráfico aumentaría más entre los puntos centrales del país que entre estos puntos y el exterior, haciendo que las vías dedicadas al comercio exterior perdieran importancia. A partir de esto, los autores recomiendan la construcción de vías que comuniquen a Bucaramanga con Medellín y a Medellín con Bogotá. También se propone la construcción de rutas alternas para que el sistema de transporte como un todo fuese más estable. Por otra parte, se advierte que por la construcción de las nuevas vías a través del Valle del Río Magdalena el monopolio de las vías férreas tendería a desaparecer.

El estudio hecho por Netherlands Economic Institute (1974) no solo incluye un estudio de transporte sino también un estudio económico del área comprendida entre Medellín, Bogotá y Bucaramanga y los tres puertos sobre la Costa Atlántica. El estudio resalta la importancia del transporte intermodal y propone políticas para mejorar las conexiones de la región por medio de la Línea férrea del Atlántico, del Río Magdalena y de la carretera hacia la Costa Norte. Por su parte, la Oficina de Planeación del Ministerio de Transporte (1994) estima las funciones de costos de transporte para diferentes clases de vehículos y diferentes tipos de vías a través del Modelo MEPLAN. Además de estimar las funciones de costos, los autores calculan las funciones de restricción de capacidad, la capacidad vial y los tiempos de viaje en la red vial. Entre las políticas que

recomienda el estudio están: la terminación y la complementación de la Red Vial para la apertura, la optimización de los accesos a los puertos, la construcción de infraestructura que complemente el soporte de una red intermodal y la construcción de tramos de conexión internacional.

Adicional a los estudios descritos anteriormente, en Colombia se han realizado algunos trabajos sobre crecimiento y convergencia regional. Para la presente investigación se resalta el trabajo realizado por Sánchez y Núñez (2000), donde indican que una de las causas por las cuales la geografía ha condicionado el desarrollo económico son los costos de transporte. El artículo hace una reseña histórica de los patrones de localización de las actividades económicas en Colombia y los entrelaza con las condiciones del transporte de cada época. Resalta que a medida que se construían vías, las empresas se iban ubicando alrededor de grandes ciudades como Bogotá para estar cerca de los grandes mercados; lo cual les facilitaría la oferta de bienes intermedios, la posibilidad de encontrar trabajadores apropiados y les permitiría el intercambio de información entre las empresas.

Además del trabajo hecho por Sánchez et al. (2000), se destaca el estudio realizado por Galvis y Meisel (2000), en el cual estudian la evolución de las disparidades económicas entre las principales ciudades colombianas y los determinantes de su crecimiento. Ellos utilizan como Proxy del PIB urbano los depósitos bancarios per cápita reales. Los principales resultados de su estudio señalan que durante el periodo 1973-1998 no hubo convergencia beta, ni convergencia sigma<sup>1</sup>. Además de esto, a partir de las estimaciones econométricas, los autores concluyen que los principales determinantes del crecimiento del PIB per cápita de las ciudades son el capital humano, la infraestructura urbana y de telecomunicaciones, las variables institucionales, el PIB per capita inicial y el tamaño del mercado local.

Por último, uno de los pocos trabajos que relaciona el comportamiento de la industria colombiana con los costos de transporte es el realizado por Fernández (1998). El

---

<sup>1</sup> Sala-i-Martin propuso en 1990 la distinción entre dos tipos de convergencia que llamó convergencia beta y convergencia sigma. Se dice que entre diversas regiones ha habido convergencia beta si se observa que las regiones más pobres han crecido más que las regiones ricas. Es decir, si se puede demostrar que el hecho de tener una renta menor que la media de los demás países está asociado a unas tasas de crecimiento más altas. Cuanto mayor sea beta, mayor será la velocidad de convergencia. Por su parte, la convergencia sigma existe si la dispersión y las desigualdades entre regiones bajan con el tiempo.

propósito de este trabajo es determinar la influencia de los costos de transporte internos sobre la aglomeración industrial. En su trabajo Fernández enfatiza en el hecho de que los bienes producidos en ciudades alejadas de las costas, como Bogotá, tienen que ser transportados a las costas para ser exportados; y que los insumos importados deben ser transportados a dichas ciudades para ser procesados. El estudio llega a la conclusión de que las industrias deberían trasladarse a los puertos con el fin de disminuir los costos de transporte de los bienes que se exportan e importan. A diferencia de ese trabajo, la presente investigación enfatiza en el consumo doméstico de insumos y bienes finales, el cual para el año 2002 ascendió al 82.3% del PIB (DANE). Sin embargo, cabe resaltar que la decisión de localización de los empresarios depende del tipo de sector y del mercado objetivo.

### **3. Hechos estilizados sobre los Costos de Transporte**

La historia económica de Colombia ha estado condicionada por la existencia de barreras geográficas, las cuales hicieron que los costos de transporte interregional fuesen altos, lo que originó un mercado doméstico fragmentado (Bushnell, 1996). De hecho, varios autores califican el desarrollo urbano colombiano hasta los años ochenta como cuadricefálico<sup>2</sup>; donde el desarrollo de las regiones cercanas a Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, se promovió al rededor en estas ciudades.

Por la topografía colombiana la disminución de los costos de transporte ha sido considerablemente importante a través de la historia; por ejemplo, a comienzos del siglo XIX, el viaje entre Barranquilla y Bogotá duraba 88 días, 80 días a través del río Magdalena y 8 días a lomo de mula desde Honda. En 1930 se introdujeron los buques de vapor lo que redujo a 12 días el viaje entre estas dos ciudades (Poveda, 1998). En la década de los ochentas (en el siglo XX), antes de construir la Troncal del Magdalena, el viaje por carretera entre Barranquilla y Bogotá duraba 21 horas. Actualmente, gracias a la Troncal del Magdalena dicho viaje dura 16 horas (Ministerio de Transporte).

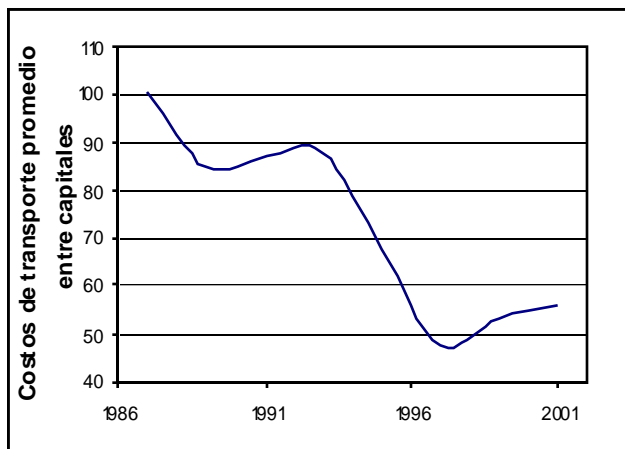
Al tener en cuenta lo anterior es evidente que en el largo plazo la construcción de infraestructura vial influyó drásticamente en la disminución de los costos de transporte. Sin embargo, en épocas más recientes los costos de transporte también han disminuido

---

<sup>2</sup> Cuervo y González, 1998; Goueset, 1998.

notablemente; en la Grafica 1. se observa que el costo promedio de transportar una tonelada entre una capital a otra disminuyó 44% entre 1987 y 2001. Esta disminución puede deberse a varios factores como son el mejoramiento de la infraestructura vial en este periodo, el aumento de la capacidad del parque automotor de transporte de carga, y la disminución de aranceles para la importación de partes de camiones y tractocamiones después de la apertura. Con relación al primer factor en el Anexo 1. se observa el impacto de la infraestructura vial construida sobre las distancias, los tiempos de viaje y las pendientes de las vías. Por ejemplo, el tiempo de viaje entre Medellín y Cúcuta se redujo en 12 horas por la construcción de la Troncal del Magdalena.

**Gráfica 1. Evolución de los costos de transporte entre 1987 y 2001 (miles de pesos de 2000/Ton)**

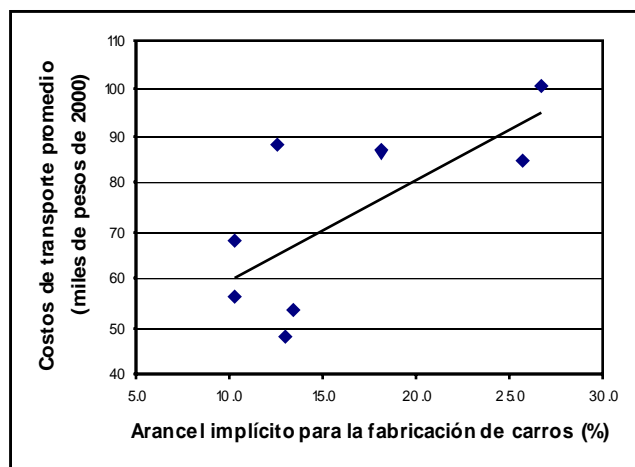


\$79.245 mientras que para un tractocamión fue de \$59.300 (Ministerio de Transporte, 2001).

Para observar la relación de los aranceles con los costos de transporte se calcula el arancel implícito para la fabricación de carros, que es igual al valor recaudado en aduana sobre el valor CIF de la mercancía en pesos corrientes. La

**Gráfica 2. Relación entre los costos de transporte y el arancel implícito**

La capacidad del parque automotor aumentó considerablemente a partir de 1993, año en el cual el número de tractocamiones se incrementó en 20.18%<sup>3</sup>. Esto disminuyó los costos de transporte considerablemente, ya que el costo promedio por tonelada en un camión de dos ejes para 2001 fue de

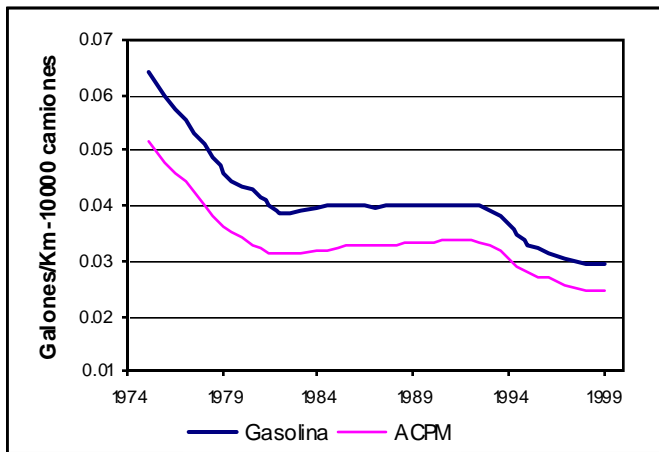


Fuente: Cálculos Fuente; Cálculos del autor con base en DIAN y DANE. COLFECAR (Federación Colombiana de Transportadores de Carga).

<sup>3</sup> Es importante resaltar que la capacidad de los tractocamiones en promedio es de 5 a 6 veces la capacidad de un camión de dos ejes.

Gráfica 2. muestra una relación directa entre el valor de los aranceles y los costos de transporte, es decir que la disminución de los costos de transporte posiblemente se debió a la disminución de los costos de importación de autopartes. Otros rubros que afectan los costos de transporte son el consumo de combustible y el mantenimiento. De acuerdo al Ministerio de Transporte para el año 2001 el consumo de combustible en camiones de dos ejes y tractocamiones representó el 23.74% y el 15.19% de sus costos de transporte, respectivamente; mientras los gastos en mantenimiento y reparación equivalieron al 8.6% de los costos de transporte para ambas configuraciones. Con relación a estos rubros,

**Gráfica 3. Evolución del consumo de Gasolina y ACPM para camiones C-2**



Fuente: Cálculos del autor con base en el Ministerio de Minas y Energía y en el Ministerio de Transporte.

7.8%, respectivamente. Para el caso colombiano, de acuerdo al Ministerio de Transporte, en el año 1998 el costo de mantenimiento y reparaciones para un camión de dos ejes (los C-2 constituían para el año 2000 el 79.38% del parque automotor de transporte de carga) representaba el 13.07% de los costos de transporté; este porcentaje, para el año 2001, disminuyó a 8.6%. Por otra parte, la Gráfica 3. muestra la evolución del consumo de gasolina y ACPM para camiones de dos ejes. De acuerdo a esta gráfica entre 1975 y 1999 el consumo de galones de gasolina por kilómetro y por cada 10000 camiones disminuyó en 54.7%, y el de ACPM en 52.04%. Por tanto es probable que los avances tecnológicos también hayan afectado la disminución de los costos de transporte en Colombia.

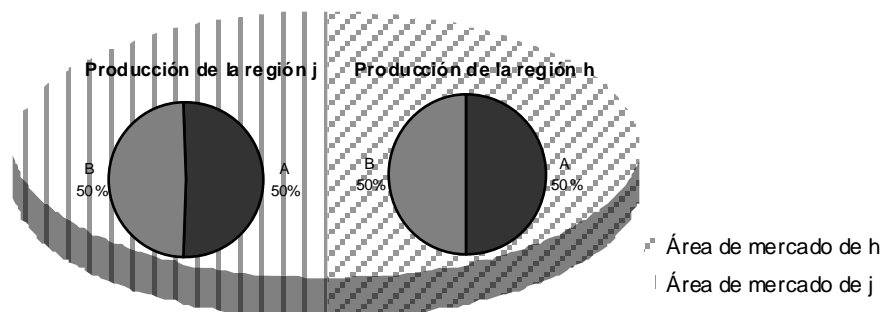
Combes y Lafourcade (2004) señalan que para el caso francés los factores que más influyeron en la disminución de los costos de transporte entre 1978 y 1998 fueron los avances tecnológicos, cuyos efectos se reflejan en el consumo de gasolina, de llantas y en los gastos de mantenimiento. Según estos autores la disminución del gasto en mantenimiento y en gasolina contribuyeron al descenso de los costos de transporte en 11.7% y en

## 4. LOS MODELOS

Los modelos teóricos parten del hecho de que al disminuir los costos de transporte aumenta la eficiencia del mercado y las regiones tienden a especializarse en lo que son más productivas, es decir los sectores tienen a especializarse, lo que afecta el crecimiento regional. Lo cual ocurre a través del cambio de las áreas de mercado<sup>4</sup> de los bienes o servicios que produce cada región. Cuando los costos de transporte son altos varias regiones producen un mismo producto, aunque no todas ellas sean productivamente eficientes, lo que ocasiona una fragmentación del mercado. Al disminuir los costos de transporte las áreas de mercado de las regiones aumentan para los productos en que son más eficientes, y disminuyen para los productos en que son menos eficientes.

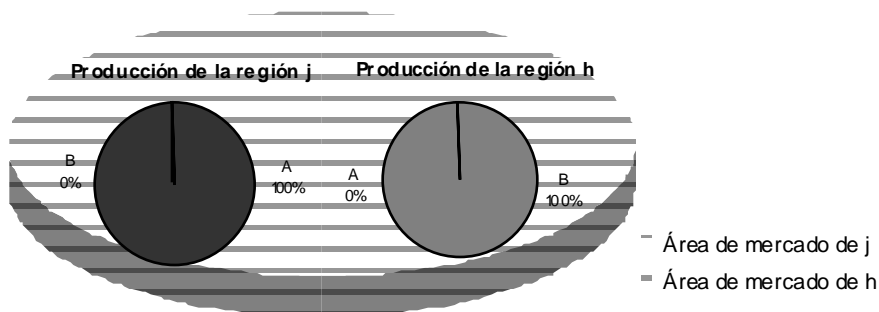
Para explicar el proceso de *especialización* se debe suponer que por lo menos existen dos bienes de consumo, A y B, los cuales son producidos por dos regiones, j y h. Sin embargo, para la región j es más productivo producir el bien A y para la región h el bien B. A partir de lo anterior pueden ocurrir dos escenarios: el primero (Figura 1.), donde los costos de transporte son lo suficientemente altos para que cada región tenga que abastecerse a si misma y a su área de mercado de ambos productos; y el segundo (Figura 2.), donde los costos de transporte permiten el comercio de los dos productos entre las regiones ocasionando que las áreas de mercado de j y h sean toda la economía. En este escenario cada región aprovecha sus cualidades naturales para especializarse en producir el bien en el que es más productiva; es decir, la región j produce A y la h produce B. Por lo tanto, j y h producirán para abastecer tanto su mercado como el mercado de la otra región.

**Figura 1. Primer escenario: los costos de transporte son lo suficientemente altos ocasionando que cada región tenga que abastecerse a si misma de ambos productos**



<sup>4</sup> Las áreas de mercado son divisiones territoriales que tienen sentido económico, ya que son extensiones cuya población realiza sus compras de bienes o productos preferiblemente en un núcleo central.

**Figura 2. Segundo escenario: los costos de transporte permiten el comercio de los dos productos entre las regiones ocasionando que las áreas de mercado de j y h sean toda la economía.**



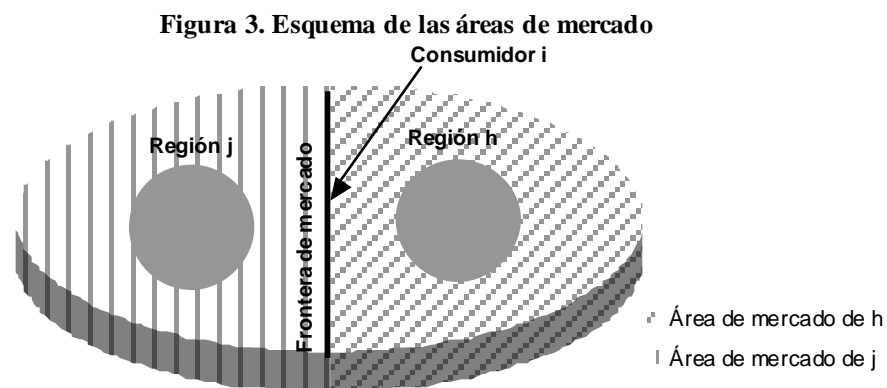
Cabe resalta que si j es la región más productiva para producir ambos bienes (A y B), la disminución de los costos de transporte causaría que esta región se quedara con todo el mercado de los dos bienes, eliminando la producción de bienes en la región h.

A partir del análisis anterior, acerca del efecto que tiene la disminución de los costos de transporte sobre la especialización, y de esta última sobre la producción y por ende sobre el crecimiento, se desarrollan dos tipos de modelos que relacionan el crecimiento del producto con los costos de transporte. Estos modelos parten del supuesto que no hay especialización en la producción de un bien y por tanto dos regiones deben competir por los consumidores del bien. Los modelos están basados en los trabajos hechos por Lösch (1957), Chandra y Thompsom (1999) sobre áreas de mercado. El primer modelo es de estática comparativa, donde se halla el equilibrio del mercado en función de los costos de transporte; este modelo se presenta en el Anexo 2. El segundo modelo se basa en el primero y consiste en un modelo de crecimiento, en el cual la tasa de crecimiento del producto de una región depende de las tasas de cambio de los costos de transporte de la propia región y de su competencia.

Por otra parte, teniendo en cuenta la demanda, la disminución de los costos de transporte puede afectar de manera distinta a dos regiones. De acuerdo a Krugman (1991), las firmas tienden a localizarse en las regiones de mayor demanda para minimizar los costos de transporte. Complementando esta afirmación, se puede decir que las empresas tienden a localizarse en lugares donde tengan acceso a varios mercados con los menores costos de transporte.

El primer supuesto de los modelos es la existencia de un único bien de consumo en toda la economía, el bien  $s$ . Adicionalmente, existen varias regiones en la economía, entre las cuales hay dos regiones productoras del bien final  $s$ , la región  $j$  y la región  $h$ . Las empresas dentro de cada una de estas regiones están en competencia perfecta. Por último, en todas las regiones, a su vez, se producen bienes intermedios que se utilizan para la producción del bien final  $s$ .

En la Figura 3 se observan las regiones  $j$  y  $h$  con sus respectivas áreas de mercado, las cuales están separadas por la frontera de mercado. En esta frontera el precio del bien  $s$  producido por ambas regiones es el mismo. A la izquierda de dicha frontera el precio del bien que produce  $j$  es más barato que el precio del bien que produce  $h$ , debido a que los costos de transporte de  $j$  son inferiores a los de  $h$ . En cambio, al lado derecho de la frontera el precio del bien que produce  $h$  es más barato que el precio del bien que produce  $j$ , porque los costos de transporte de  $h$  son inferiores. Por estas razones, el consumidor  $i$  que está ubicado sobre la frontera de mercado es indiferente entre consumir el producto de la región  $j$  y el de la región  $h$ .



Como muestra el esquema, las regiones  $h$  y  $j$  están a una distancia constante  $d_{jh}$ . Los costos de transporte por unidad de distancia entre el consumidor  $i$  y las regiones  $j$  y  $h$  son  $t_{ji}$  y  $t_{hi}$ , respectivamente. El consumidor  $i$  está a una distancia  $r_{ji}$  de la empresa  $j$  y a una distancia  $r_{hi}$  de  $h$ . Estas distancias son los radios de mercado de cada una de las regiones,  $j$  y  $h$ , y varían con los costos de transporte. Como las empresas están en competencia perfecta, el precio del producto  $s$  en su región origen es igual al costo marginal ( $c_j$  en  $j$  y  $c_h$  en  $h$ ). A partir de lo anterior y después de hacer un desarrollo matemático, que se muestra en el



Anexo 1., se llega al cambio del radio de mercado debido a los cambios en los costos de transporte:

$$\frac{\hat{c}r_{ji}}{\hat{\partial}t_{ji}} = - \frac{c_h - c_j + t_{hi}d_{jh}}{(t_{ji} + t_{hi})^2}$$

La ecuación anterior indica que el cambio en el radio de mercado de la región j va en dirección contraria a los costos de transporte. También se observa que el radio de mercado depende directamente de los costos de transporte de su competidor, ya que entre mayores costos de transporte tenga h, j ganará más área de mercado. Por otra parte si  $c_j < c_h$ , entre más productiva sea j con respecto a h, es decir entre mayor sea la diferencia entre  $c_j$  y  $c_h$ , mayor será el efecto positivo del mejoramiento de las vías sobre el área de mercado de j.

#### ***4.1 El Modelo de crecimiento con costos de transporte***

En este modelo los costos de transporte están representados por un factor  $\tau$  que multiplica al precio de un bien en su lugar origen para obtener el precio de dicho bien en su lugar destino. Por otra parte, el radio de mercado total de la región j depende directamente de los costos de transporte de h y de la distancia que separa j de h, e inversamente de los costos de transporte de j. Es decir,  $r_j = \frac{\tau_h * d_{jh}}{\tau_j}$  donde la distancia entre j y h ( $d_{jh}$ ) permanece constante y los costos de transporte de j y h ( $\tau_j$  y  $\tau_h$ ) varían con el tiempo. La tasa de cambio de los costos de transporte de j es  $\varpi_j$  y de h es  $\varpi_h$ .

Además, se supone que los costos de transporte de los insumos son iguales a los del bien final s. Para desarrollar este modelo se debe tener en cuenta que en el primer modelo (Anexo 1) se supone una densidad de población por Km.-lineal  $\theta$  sobre las vías que comunican a las regiones. En cuanto al crecimiento de la población se toman dos tasas, una que indica el crecimiento de la población en la región j ( $\eta$ ) y otra que indica el crecimiento de la población en su área de mercado ( $\mu / Km$ ). Esta última es la tasa de crecimiento de  $\theta$ . Adicionalmente, lo que produce la región j se utiliza exclusivamente para el consumo de los hogares en su área de mercado. Por último, los hogares ahorran acumulando bienes intermedios.

### 4.1.1 El comportamiento de las firmas

Las firmas maximizan sus beneficios, los cuales están dados por la ecuación [1]. La función de producción de las empresas es  $Y_j = L_j^{1-\alpha} \sum_{n=1}^N X_n^\alpha$ , como se explica en el Anexo 1. Las empresas utilizan como insumos la mano de obra ( $L_j$ ) y N tipos de bienes intermedios ( $X_n$ ). El precio de la mano de obra es  $w_j$ , por su parte, el precio del bien intermedio n en la región j es igual al precio de dicho bien en su región de origen,  $P_0$ , multiplicado por los costos de transporte de j. Por otro lado, el precio del bien final s en su región origen j es  $P_j$ . Al maximizar los beneficios se obtienen las ecuaciones [2] y [3].

$$\Pi_j = P_j L_j^{1-\alpha} \sum_{n=1}^N X_n^\alpha - w_j L_j - \sum_{n=1}^N \tau_j P_0 X_n \quad [1]$$

$$w_j = P_j (1-\alpha) \frac{Y_j}{L_j} \quad [2]$$

$$X_j = \left( \frac{P_j \alpha}{P_0 \tau_j} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} L_j \quad [3]$$

Al reemplazar las ecuaciones [2] y [3] en la función de producción se halla la oferta de la región j. Como se indica en el primer modelo (Anexo 1), todos los bienes intermedios son utilizados en la misma cantidad y existen N tipos de bienes intermedios, por tanto la producción de la región j esta dada por la siguiente ecuación.

$$Y_j = L_j N \left( \frac{P_j \alpha}{P_0 \tau_j} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

Con base en la ecuación anterior se halla la tasa de crecimiento de la producción en la región j (ecuación [4]). Donde  $\eta$  es la tasa de crecimiento de la población de la región j y  $\nu$  es la tasa de crecimiento de los bienes intermedios, lo cual representa los avances tecnológicos.

$$\frac{\dot{Y}_j}{Y_j} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \left( \frac{\dot{P}_j}{P_j} - \varpi_j \right) + \eta + \nu \quad [4]$$

La ecuación [4] indica que el crecimiento de la producción depende positivamente del crecimiento de la población, del precio del bien producido y de los cambios tecnológicos; mientras depende negativamente de los cambios en los costos de transporte.

#### 4.1.2 El comportamiento de los hogares

Los hogares maximizan su función de utilidad intertemporal sujetos a su restricción presupuestal como se indica a continuación:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max} \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} L_t dt \\ \text{s.a} \\ \dot{B}_t = B_t r_t + w_t L_t - c_t P_{j(t)} \tau_{j(t)} L_t \end{array} \right.$$

Donde  $c_t$  es el consumo per cápita del bien final s,  $B_t$  es el ahorro del hogar,  $r_t$  es el valor del capital,  $w_t$  es el salario,  $L_t$  es el número de miembros del hogar,  $1/\sigma$  es la elasticidad de sustitución de la función de utilidad,  $-\sigma$  es la elasticidad de la utilidad marginal y  $\rho$  es la tasa de descuento intertemporal. Sin embargo, como las familias ahorran acumulando bienes intermedios entonces  $B_t = NX_t$  y  $r = P_0$ . Al solucionar el problema de los hogares se obtiene la tasa de crecimiento del consumo per cápita:

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{P_0 - \frac{P_{j(t)}}{P_{j(t)}} - \varpi_j - \lambda}{\sigma} \quad [5]$$

Para hallar el consumo total se tiene en cuenta que la región j produce el bien s que consume toda su área de mercado. La población de esta área es  $\theta^* r_j$ , la cual incluye la población de la región j. Donde  $r_j$  es el radio de mercado total de la región j, que se definió como  $r_j = \frac{\tau_h * d_{jh}}{\tau_j}$ . Adicionalmente, la tasa de crecimiento de la población por kilómetro lineal es  $\mu$ , por tanto el crecimiento del consumo total en el área de mercado de j esta dado por:

$$\frac{\dot{C}_t}{C_t} = \frac{P_0 - \frac{P_j}{P_{j(t)}} - \varpi_j - \lambda}{\sigma} + \mu + \frac{\dot{P}_j}{r_j} = \frac{P_0 - \frac{P_j}{P_{j(t)}} - \varpi_j - \lambda}{\sigma} + \mu + \varpi_h - \varpi_j$$

Según la ecuación anterior el crecimiento del consumo depende positivamente del crecimiento de la población y de los cambios en los costos de transporte de la competencia. Por otra parte, el crecimiento del consumo depende negativamente del precio del bien final y de los costos de transporte de la región j.

Como lo que produce la región j se utiliza para el consumo de los hogares en su área de mercado, es decir  $Y_j = C_t$ , las tasas de crecimiento del producto y del consumo son iguales.

$$\frac{\dot{Y}_j}{Y_j} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \left( \frac{\dot{P}_j}{P_j} - \varpi_j \right) + \eta + \nu = \frac{P_0 - \frac{P_j}{P_j} - \varpi_j - \lambda}{\sigma} + \mu + \varpi_h - \varpi_j = \frac{\dot{C}_t}{C_t}$$

A partir de la anterior igualdad se despeja la tasa de crecimiento del precio, la cual esta dada por la ecuación [6].

$$\frac{\dot{P}_j}{P_j} = \frac{(2\sigma\alpha - 1 + \alpha - \sigma)\varpi_j + (1-\alpha)(P_0 - \lambda) + (1-\alpha)\sigma(\mu + \varpi_h - \eta - \nu)}{1 - \alpha + \alpha\sigma} \quad [6]$$

Para obtener la tasa de crecimiento del producto se reemplaza la ecuación [6] en la ecuación [4]. De acuerdo a la expresión obtenida, ecuación [7], el decrecimiento de los costos de transporte de la región j afecta positivamente la tasa de crecimiento del producto de dicha región; mientras el decrecimiento de los costos de transporte de la competencia la afecta negativamente. En cuanto a los avances tecnológicos y la población, un aumento en dichas variables incrementa la tasa de crecimiento del producto.

$$\frac{\dot{Y}_j}{Y_j} = \frac{\alpha((-2 - \sigma)\varpi_j + P_0 - \lambda + \sigma(\mu + \varpi_h)) + (1-\alpha)(\eta + \nu)}{1 - \alpha + \alpha\sigma} \quad [7]$$

### 4.1.3 Análisis del Estado Estacionario

En el estado estacionario las tasas de crecimiento de cada una de las variables son constantes. Al observar las tasas de crecimiento halladas en la sección anterior se puede deducir que en el presente modelo la economía siempre esta en estado estacionario.

### 4.3 El Modelo Econométrico

A partir de la ecuación [7] se deduce el modelo econométrico, donde el crecimiento del producto de una región depende de los cambios en los costos de transporte desde y hacia otras regiones. Para este modelo se utiliza como variable dependiente el crecimiento del producto per cápita con el fin tener en cuenta la población. Adicional a las variables de costos de transporte se tienen en cuenta el capital humano, a través de la cobertura bruta en secundaria,<sup>5</sup> y la convergencia regional, por medio del logaritmo natural del PIB inicial.

El modelo econométrico se estima para tres periodos de tiempo: 1952-2000 (muy largo plazo), 1976-2000 (largo plazo) y 1987-2001 (corto plazo). Para los dos primeros periodos de tiempo las estimaciones se hacen a nivel departamental<sup>6</sup>, mientras que para el último periodo se hacen a nivel de capitales<sup>7</sup>; esto se debe a restricciones de información. Los periodos de largo plazo, 1952-2000 y 1976-2000, cuentan con información cada 24 (años 1952, 1976 y 2000) y 12 años (años 1976, 1988 y 2000), respectivamente. Por su parte, el periodo 1987-2001 tiene información para los años impares.

Por la escasez de información para los dos periodos de largo plazo (1952-2000 y 1976-2000) se estiman modelos tipo “pool”, en los cuales la variable dependiente es el crecimiento del PIB per capita entre t-1 y t, y las explicativas son las variables que representan los costos de transporte y la cobertura bruta en secundaria en el periodo t-1 (Ecuación [8]).

$$\begin{aligned} \text{Crecimiento PIB per cápita} = & \alpha_0 + \alpha_1 * \text{Costos de transporte}_{t-1} + \alpha_2 \ln \text{PIB per cápita}_{t-1} \\ & + \alpha_3 * \text{Cobertura bruta en secundaria}_{t-1} \end{aligned} \quad [8]$$

Para el periodo de corto plazo (1987-2001) se estiman modelos de panel de datos con efectos fijos<sup>8</sup>, en los cuales la variable dependiente es el crecimiento del PIB per

---

<sup>5</sup> Cobertura Bruta en Secundaria= Niños que están en secundaria/ Niños entre 11-17 años de edad.

<sup>6</sup> Los departamentos incluidos en la muestra fueron: Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Choco, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle.

<sup>7</sup> Las capitales incluidas en la muestra fueron: Medellín, Barranquilla, Cartagena, Manizales, Bogotá, Neiva, Santa Marta, Villavicencio, Pasto, Cúcuta, Bucaramanga, Ibagué y Cali.

<sup>8</sup> Las pruebas de Hausman y Breuch & Pagan para determinar entre efectos fijos o aleatorios están consignadas en la tabla de las estimaciones.

capita entre t-1 y t. A diferencia del caso de largo plazo, la variable que representa los costos de transporte es el crecimiento de estos costos en t-1, y no los costos de transporte rezagados (Ecuación [9]). La razón de rezagar el crecimiento de los costos de transporte es que cuando disminuyen dichos costos para una ciudad el efecto sobre el crecimiento no es inmediato. Por ejemplo, si hay una disminución de los costos de transporte de la ciudad j en t, dicha disminución puede causar que algunos empresarios decidan localizarse en j; pero la producción de las nuevas empresas empieza en el periodo t+1, debido al tiempo de instalación. Por otro lado, si las empresas ya están localizadas en la ciudad j, los empresarios deben realizar estudios de mercadeo y adecuar la empresa para las nuevas condiciones de la demanda, de tal forma que el aumento de la producción se observa en el periodo t+1.

$$\begin{aligned} \text{Crecimiento PIB per cápita} = & \alpha_0 + \alpha_1 * \text{Crecimiento de los costos de transporte}_{t-1} \\ & + \alpha_2 \ln \text{PIB per cápita}_{t-1} + \alpha_3 * \text{Cobertura bruta en secundaria}_{t-1} \quad [9] \end{aligned}$$

## **5. Las fuentes de información y la construcción de las variables**

En la literatura económica existen varias formas de calcular los costos de transporte. La más simple asume que los costos de transporte representan una porción del valor comercializado, el cual es independiente del origen y del destino. Las más sofisticadas están basadas en la comparación de indicadores comerciales FOB (valor del bien en el punto de carga del exportador) y CIF (valor del bien a la entrada del país importador). Otro método se basa en los fletes reales y los gastos de aseguramiento. De acuerdo con Combes y Lafourcade (2003) una medida ideal de los costos de transporte debe tener en cuenta los siguientes aspectos: origen y destino de la carga, distancia real, tiempos de viaje, costos de operación, impuestos, estructura del mercado de transporte, modo de transporte y tipo de bien.

En Colombia el Ministerio de Transporte publica el documento ‘Actualización de los Costos de Transporte de Carga’ desde 1997. En éste documento están calculados los costos de transporte teniendo en cuenta los costos de operación, el origen y destino, la distancia real, modo de transporte y tipo de bien. Según el Ministerio de Transporte el consumo de llantas, lubricantes, filtros, el mantenimiento y los imprevistos son iguales

para cualquier vía, independiente de su longitud. Por otra parte, las variables que dependen de la distancia recorrida son seguros, salarios y prestaciones básicas, parqueadero, impuestos de rodamiento, recuperación de capital y gastos de administración. El consumo de combustible depende del tipo de terreno que atraviesa la vía (montañoso, ondulado o plano) y de la distancia entre el origen y el destino.

De acuerdo al Ministerio de Transporte, el valor de los peajes no se incluye como indicador de costo, en razón de que su cálculo está determinado en pesos/ruta; impidiendo obtener un indicador promedio. Adicionalmente, para 1976 y 1988 el Ministerio y el INVIA S no tienen información detallada de peajes. Por este motivo, el valor de los peajes no es incluido en las estimaciones, aunque sean parte de los costos de transporte. Los costos por ciudad origen o destino dependen de los costos por ruta que comunican a la ciudad y de las toneladas desde o hacia ella, es decir de la actividad comercial de la ciudad. Con respecto al tipo de bien, las empresas internalizan el problema; ya que se especializan en transportar sus productos de unas regiones a otras, haciendo que este aspecto sea independiente de la región origen o destino.

Teniendo en cuenta lo anterior, en general, los costos de transporte de una región dependen de la distancia real a otras regiones, del tipo de terreno que atraviesan sus vías de comunicación (montañoso, ondulado o plano), de las condiciones de estas (no pavimentada o pavimentada) y del origen y destino. En estas variables están incluidas las diferencias en tiempos de viaje y en costos de operación.

Con base a la anterior disertación, los costos de transporte para los periodos 1952-2000 y 1976-2000 se aproximan utilizando la distancia real, el tipo de terreno que atraviesan las vías, la calidad de estas (pavimentadas o no) y el origen y destino. A continuación se explica la forma de estimar cada una de estas variables:

- **Distancia real:** Se utilizan las *distancias reales* entre las capitales de los departamentos, que están consignadas en los cuadros de distancias de los mapas viales del Agustín Codazzi para los años 1952, 1976, 1988 y 2000. La variable

utilizada en las estimaciones es la distancia promedio entre una capital y las demás capitales<sup>9</sup>.

- **Tipo del terreno:** El tipo de terreno se especifica a través de la variable *Vías por Terreno Montañoso* que es una dummy que toma el valor de 1 para el tercio más alto de la relación *distancia real* sobre *distancia en mapas*. A través de esta variable se indica el tercio de los departamentos cuyas vías de comunicación interregional presentan las pendientes más altas. Para hallar la distancia en mapas entre capitales se digitalizaron los mapas viales del Agustín Codazzi para los años de estudio.
- **Proporción de distancia pavimentada:** Esta variable indica la calidad de las vías y es igual a la distancia pavimentada en mapas de una ciudad a las demás ciudades sobre la distancia total en mapas. Cuando se digitalizaron los mapas, las vías pavimentadas y no pavimentadas se pusieron en diferentes niveles (simbolizados por colores), de tal forma que para cada carretera fuera posible hallar la relación kilómetros pavimentados sobre kilómetros totales. Esta relación llamada proporción de vía pavimentada se obtiene para cada origen-destino, construyéndose así un cuadro similar al de distancias. De igual forma que en los casos anteriores, en las estimaciones se utiliza el promedio entre cada capital y las demás capitales<sup>10</sup>. Sin embargo, esta variable no se incluye en las estimaciones del periodo 1952-2000, ya que en 1952 las vías se clasificaban únicamente por jurisdicción y no por pavimentadas y sin pavimentar; lo cual es razonable debido a que en dicha época el porcentaje de kilómetros pavimentados a nivel nacional era de 6.25% (Ministerio de Transporte, 1953), aproximadamente.
- **Origen y destino:** Esta variable debe indicar la importancia y el tamaño de las regiones. Una variable que cumple esta condición es la proporción de la población

---

<sup>9</sup> Distancia promedio de la capital  $j$  a las demás capitales:  $\bar{D}_j = \sum_{i \neq j} D_{ji} / n - 1$ , donde  $n$  es el número de ciudades de la muestra.

<sup>10</sup> Proporción de distancia pavimentada de la capital  $j$  a las demás capitales:  $PDP_j = \sum_{i \neq j} PDP_{ji} / n - 1$ , donde  $n$  es el número de ciudades de la muestra.



de cada departamento con relación al total de los departamentos del estudio. Para este caso, la variable utilizada es la proporción de población del departamento multiplicada por la distancia real promedio de su capital. El objetivo de esta variable es señalar como el tamaño del departamento aumenta o disminuye el afecto de los costos de transporte sobre el crecimiento del PIB per cápita departamental.

Además de las variables de costos de transporte, para los periodos de largo plazo, se calculan el radio de mercado promedio y una variable que indica la lejanía de una región con relación al total de la población de la muestra:

- **Radio de mercado:** El radio de mercado es calculado a partir de la formula deducida por Converse (1949), que se basa en la ley de Reilly o gravitacional, la cual indica que la decisión de un individuo de comprar en un lugar concreto es función de la distancia que lo separa de dicho lugar y de la atracción del mismo. El radio de mercado se calcula para cada par de departamentos, por ejemplo, el radio de mercado de Cauca con respecto a Atlántico es igual a:

$$\text{Radio de mercado}_{\text{Cauca-Atlántico}} = \frac{\text{Distancia Popayan-Barranquilla}}{1 + \sqrt{\frac{\text{Población Atlántico}}{\text{Población Cauca}}}}$$

Cabe resaltar que si Cauca y Atlántico tuvieran la misma población el radio de mercado de cada una sería la mitad de la distancia que separa a sus capitales. La variable que se usa en las estimaciones es el promedio de los radios de mercado de cada departamento.

- **Proporción de lejanía con respecto al centro medio de población (LCMP):** El centro medio de la población, es una analogía al centroide de masa de los objetos calculado en física y, localiza geográficamente el punto más cercano al total de la población<sup>11</sup>. Después de localizar este centro se halla la distancia en línea recta de este punto a cada una de las capitales de los departamentos. Esto se hace con el fin de hallar la distancia en línea recta promedio entre el centro medio poblacional y

<sup>11</sup> Las coordenadas del centro medio de la población desde j están dadas por:

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{Población}_i * \text{Distancia } X_{j-i}}{\sum \text{Población}_i} \quad \text{y} \quad \bar{y} = \frac{\sum \text{Población}_i * \text{Distancia } Y_{j-i}}{\sum \text{Población}_i}$$

las capitales ( $DLR_{cmp}$ ). Por ejemplo, para el año 1976 esta distancia es igual a 331 Km; es decir, que las capitales en promedio están alejadas del centro medio de la población 331 Km. De igual forma, se halla la distancia en línea recta entre cada capital y las demás capitales, con el fin de hallar para cada capital la distancia en línea recta promedio que la separa del resto de las capitales ( $DLR_j$ ). La proporción de lejanía con respecto al centro medio poblacional para un departamento  $j$  es igual a  $(DLR_j - DLR_{cmp})/DLR_{cmp}$ . Para completar el ejemplo, la distancia en línea recta promedio que separa a Cartagena de las demás capitales de la muestra es 527Km, por tanto su proporción de lejanía con respecto al centro medio poblacional es 0.59; es decir, que Cartagena esta 59% mas lejos de las demás capitales en comparación al centro medio poblacional para el año 1976.

Los costos de transporte para el periodo 1987-2001 se aproximan a través de las tablas de fletes de COLFECAR<sup>12</sup> (1987-1995) y del Ministerio de Transporte (1997-2001). Estas tablas indican el costo de transportar en pesos de una tonelada desde varios orígenes hacia varios destinos. Por disponibilidad de información se tienen datos para los años impares. Cada ciudad tiene un costo promedio como ciudad origen y como ciudad destino, en las estimaciones la variable que se utiliza es el promedio de ambos costos.

Por ultimo, la variable que se utiliza como Proxy del PIB de cada capital, para el periodo 1987-2001, es la proporción de los impuestos contribuidos por la capital a los impuestos departamentales, multiplicada por el PIB departamental. Las fuentes de información del PIB y de los impuestos departamentales son el DANE y la base de la Contraloría (cuya fuente primaria es la DIAN), respectivamente. Con relación a la cobertura bruta en secundaria las fuentes de información son el Ministerio de la Protección Social para los años 1952 y 1976, y el CEDE para los años entre 1987 y 2001 (dicha cobertura se calcula a partir del C-600).

---

<sup>12</sup> Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera

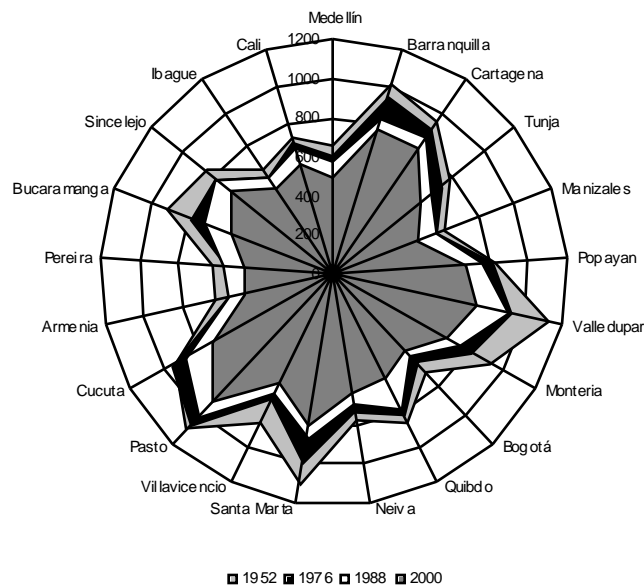
## 6. Estadísticas descriptivas de las variables de los costos de transporte

En esta sección se describe el comportamiento de las principales variables del modelo, para este fin la sección se divide en dos partes. En la primera se muestra el comportamiento de las variables utilizadas para los periodos 1952-2000 y 1976-2000 (distancia real, relación distancia real-trayectoria, etc). En la segunda parte se muestra la evolución de los fletes para el periodo 1987-2003 y se indican brevemente posibles causas de la disminución de los costos de transporte.

### 6.1. Periodos 1952-2000 y 1976-2000

La Gráfica 4 muestra la evolución de la distancia promedio entre una ciudad y las demás ciudades. A partir de esta información se calcula que entre 1952 y 1976 hubo una reducción de las distancias entre ciudades del 8.8%, entre 1976 y 1988 del 5.3% y entre 1988 y 2000 del 15%; este ultimo gran cambio se debe en parte a la construcción de la Troncal del Magdalena (Ver Anexo 1) y de las transversales que la comunican.

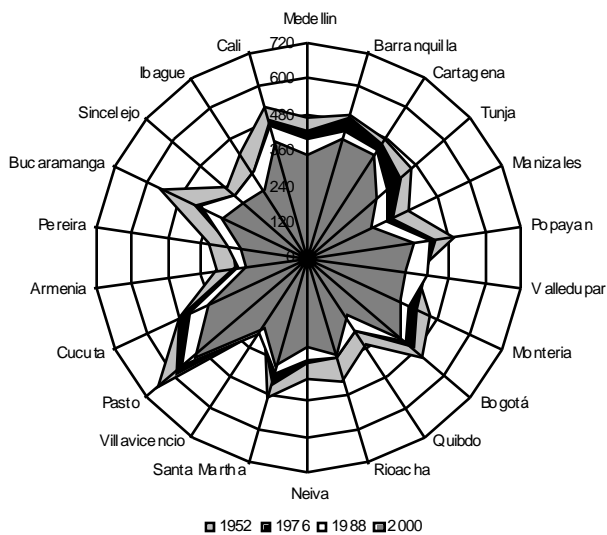
**Grafica 4. Evolución de las distancias reales promedios entre capitales (Km)**



Fuente: Cálculos de autor con base en mapas viales del Agustín Codazzi.

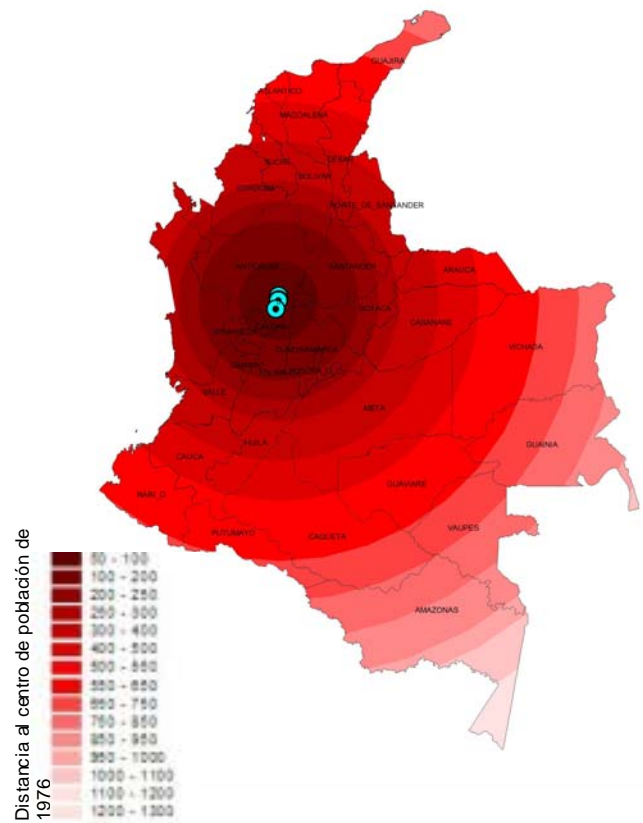
En la Gráfica 5. se observa una reducción general del radio de mercado de todas las regiones, lo que se explica por la disminución de las distancias reales entre capitales. También se evidencia que esta medida es afectada por valores extremos, como es el caso de Pasto que tiene el mayor radio de mercado debido a que esta situado en un extremo del país. Para tener en cuenta este problema se halla el centro medio de población y la proporción de lejanía de las regiones con respecto a este centro (LCMP), que fueron explicados en la sección anterior. El centro medio de población esta localizado en la esquina suroriental de Antioquia (Mapa 1.), aunque para su cálculo solo se tienen en cuenta los departamentos de la muestra, es una buena aproximación ya que los departamentos que no se incluyen en el estudio albergaban solamente el 3.7% de la población colombiana en el año 2001 (DNP).

**Gráfica 5. Radios de Mercado promedio (Km)**



Fuente: Cálculos del autor, con base en DANE e IGAC

**Mapa 1. Localización del centro medio de la población**

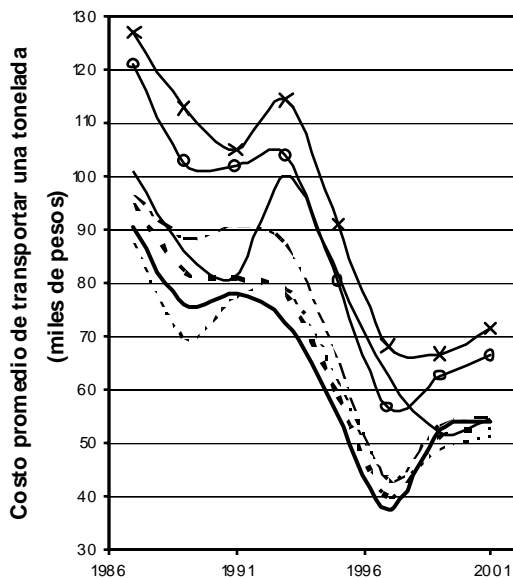


Fuente: Cálculos del autor, con base DANE e IGAC

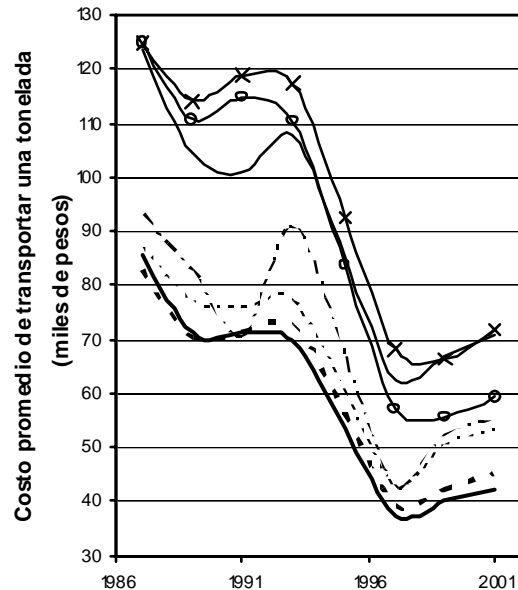
## 6.2. Periodo 1987-2001

Las Gráficas 6 y 7 muestran la evolución de los costos de transporte de varias ciudades cuando son origen y destino de carga<sup>13</sup>. En estas gráficas se observa que en promedio los costos de transporte de 2001 equivalen aproximadamente a la mitad de los costos de transporte de 1987. Por otra parte, se observa que las ciudades más baratas para transportar carga hacia y desde ellas son Bogotá, Medellín y Cali, mientras las más costosas son Cúcuta, Pasto y Barranquilla. Adicionalmente, las diferencias de los costos de transporte entre ciudades cuando son origen son menores que cuando son destino; en promedio la desviación estándar en el primer caso es de 10.067 pesos de 2000, y para el segundo es de 14.792 pesos de 2000.

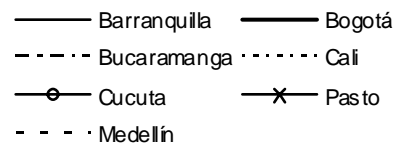
**Gráfica 6. Evolución de los costos de transporte de varias ciudades colombinas al ser ciudades origen (miles de pesos de 2000)**



**Gráfica 7. Evolución de los costos de transporte de varias ciudades colombinas al ser ciudades destino (miles de pesos de 2000)**



Fuente: Cálculos del autor con base en el Ministerio de Transporte y COLFECAR.



<sup>13</sup> Los costos de transporte de las ciudades como origen y destino son diferentes debido a la posibilidad de viajes vacíos. Por ejemplo, cuando se envía un camión de Medellín a Yopal es más probable que este camión se devuelva vacío que si se envía de Yopal a Medellín; por tanto, los costos de transporte hacia Medellín son menores que los costos de transporte hacia Yopal. Por otra parte, los costos de transporte de cada ciudad se calculan como el promedio de los costos de transporte (fletes) desde o hacia otras ciudades.

Para complementar este análisis, en la Tabla 1. se muestra la diferencia porcentual de los costos de transporte de una ciudad con relación a las demás para el periodo 1987-2003. De acuerdo a esto las ciudades que se encuentran en el triangulo conformado por Bogotá, Medellín y Cali tienen una ventaja comparativa con relación a las demás ciudades. Por ejemplo, Pereira como ciudad origen es 16.44% más barata que el promedio de las demás ciudades, mientras Pasto es 29.31% más costosa.

**Tabla 1. Diferencia porcentual de los costos de transporte de una ciudad con respecto a las demás (promedio 1987-2003)**

	Como origen	Como destino
Barranquilla	5.83%	23.40%
Bogotá	-11.81%	-19.62%
Bucaramanga	-1.48%	-5.42%
Buenaventura	-2.38%	0.78%
Cali	-11.75%	-10.64%
Cartagena	6.89%	24.61%
Cúcuta	18.82%	22.38%
Ibagué	-13.97%	-21.61%
Manizales	-15.57%	-21.06%
Medellín	-8.23%	-18.01%
Neiva	-1.96%	-8.53%
Pasto	29.21%	32.25%
Pereira	-16.44%	-22.57%
Sta. Marta	15.64%	26.05%
Villavicencio	7.20%	-2.01%

Fuente: Cálculos del autor con base en el Ministerio de Transporte y COLFECAR.

## **7. El efecto de los costos de transporte sobre el PIB a través de la especialización: los casos de los sectores agrario e industrial**

A través de la historia, las mejoras en infraestructura vial han facilitado la movilidad de bienes, factores, información y servicios. De hecho, los procesos de integración económica se posibilitan gracias a la reducción de barreras físicas, las cuales impiden incrementos en el comercio. La reducción de los costos de transporte terrestre hace que el mercado total sea más accesible para cada una de las regiones que lo componen, de esta forma los beneficios de dicha reducción pueden ser capturados a través de la especialización regional. En esta sección se determina el efecto de la disminución de los costos de transporte sobre la especialización en los sectores agrario e

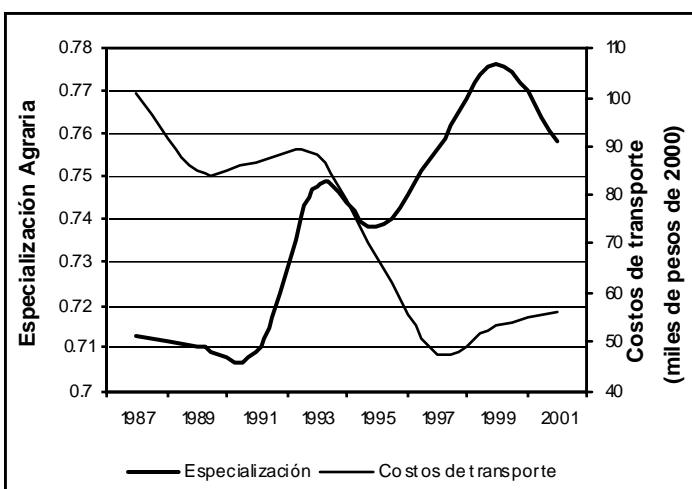
industrial, posteriormente se estima el efecto de la especialización sobre el crecimiento en ambos sectores.

- **Especialización Agraria**

Para observar el efecto de la disminución de los costos de transporte sobre la especialización agraria, y de esta última sobre el crecimiento del PIB agrario se construye la variable *Especialización Agraria*, que es igual al valor de los 4 productos agrarios principales en cada departamento sobre el valor total de la producción agraria. Por su parte, los costos de transporte son los fletes promedio entre una capital y las demás capitales<sup>14</sup>. Por disponibilidad de información el periodo de estudio es 1987-2001 y se tienen datos para los años impares.

En la Gráficas 8. se observa la evolución de la especialización agraria durante el periodo de estudio. Esta gráfica muestra que mientras los costos de transporte entre capitales disminuyeron 44%, la especialización agraria en los departamentos aumentó en 9%.

**Gráfica 8. Evolución de la Especialización en el sector Agrario entre 1987 y 2001**



Fuente: Cálculos del autor. La especialización se halla con base en cálculos del CEDE a partir de información del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Los costos de transporte se calculan con base en el Ministerio de Transporte y COLFECAR

El efecto de los costos de transporte sobre la especialización y de esta sobre el crecimiento del PIB agrario se determina a partir de modelos de panel de datos con efectos fijos<sup>15</sup>. En la primera estimación de la Tabla 2. se observa que el efecto de los costos de transporte sobre la especialización es negativo, es decir que la disminución de los costos de transporte de una región aumenta la especialización en esta. Por su parte, la segunda estimación indica que un aumento en la especialización incrementa el crecimiento del PIB agrario. A partir de lo anterior se puede inferir que la disminución de

<sup>14</sup> Los departamentos incluidos en la muestra fueron: Antioquia, Atlántico, Bolívar, Caldas, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Santander, Tolima y Valle.

<sup>15</sup> Al ser las estimaciones con efectos fijos se tienen en cuenta variables como altura, erosión, temperatura etc. las cuales difieren entre regiones pero no varían con el tiempo.

los costos de transporte afecta positivamente el crecimiento a través del aumento de la especialización en el sector agrario. Por lo tanto, la infraestructura vial esta cumpliendo su función integradora, facilitando el comercio y permitiendo que las regiones se especialicen en lo que son más productivas.

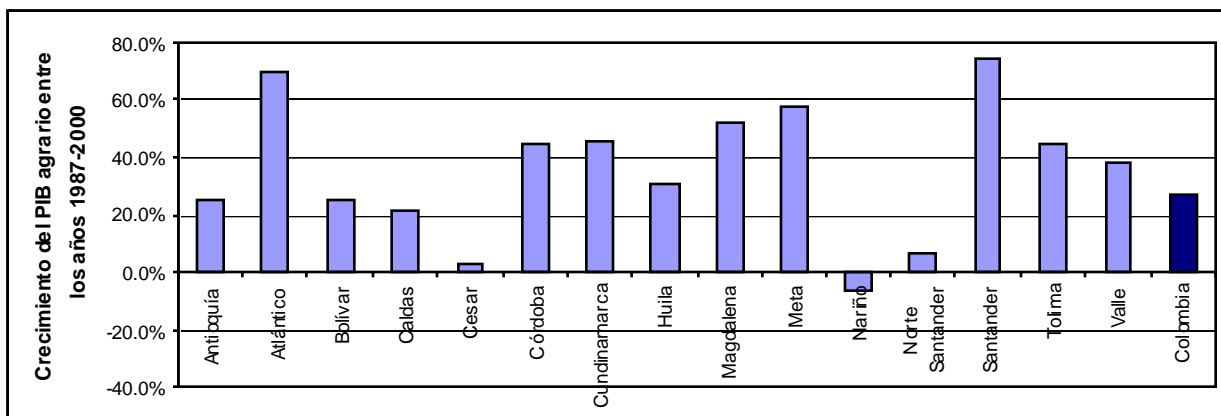
**Tabla 2. El efecto de los costos de transporte sobre la especialización agraria y de esta sobre el crecimiento del PIB agrario.**

Variable dependiente	Especialización	$\frac{\Delta PIB \text{ sector agrario}}{PIB \text{ sector agrario}_{t-1}}$
Costos de transporte rezagados <sup>(1)</sup>	-0.001 *** (-3.8)	
Especialización rezagada	0.245** (2.44)	0.492 * (1.79)
Ln del PIB Agrario rezagado		-0.417 *** (-4.20)
Constante	0.631 *** (7.56)	10.78 *** (4.01)
Número de grupos	13	13
Número de observaciones por grupo	7	7
R <sup>2</sup> dentro	0.313	0.250
Prob > F	0.000	0.000
Prueba de Hausman (Prob > chi <sup>2</sup> )	0.000	0.001
Prueba de Breusch y Pagan (Prob > chi <sup>2</sup> )	0.347	0.071
*** Significativo al 99% **Significativo al 95% *Significativo al 90%		
En la segunda estimación se controla por la tasa de cambio.		
<sup>(1)</sup> Los costos de transporte esta en miles de pesos		
Los valores entre paréntesis son los t-estadísticos		

La Gráfica 9. muestra el crecimiento del PIB agrario entre 1987 y 2000 para varios departamentos. De acuerdo a esta gráfica 11 de los 13 departamentos de la muestra exhibieron un crecimiento del PIB agrario superior al 20%, lo cual contribuyó a un crecimiento del PIB agrario nacional del 26%.

**Grafica 9. Crecimiento del PIB agrario a nivel departamental y nacional entre los años 1987-2000**





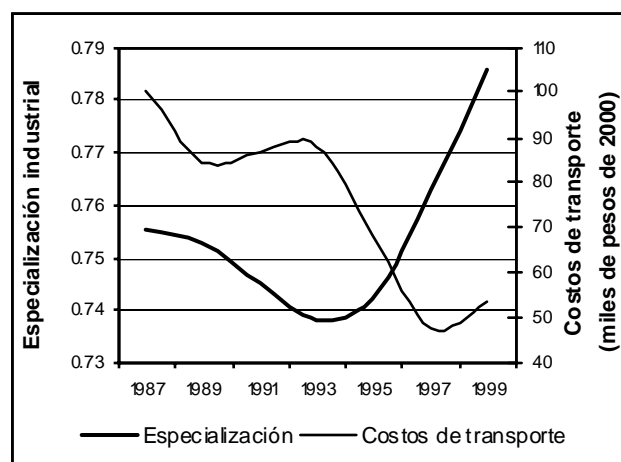
Fuente: Cálculos del autor con base en datos del DNP.

- **Especialización Industrial**

Con el fin de determinar el efecto de la disminución de los costos de transporte sobre la especialización industrial, y de esta última sobre el crecimiento del PIB industrial se construye la variable *Especialización Industrial*, que es igual al valor de las 4 actividades manufactureras principales en cada departamento sobre el valor total de la producción manufacturera. Por disponibilidad de información el periodo de estudio es 1987-1999 y se tienen datos para los años impares.

La Gráfica 10. muestra un descenso de 4% en la especialización industrial entre 1987 y 1993. Por su parte, en el periodo 1993-1999 la especialización industrial se incrementó en 6.5%. Es incremento coincidió con una disminución en los costos de transporte de 39.4%.

**Gráfica 10. Evolución de la Especialización Industrial entre 1987 y 1999**



Fuente: Cálculos del autor. La especialización se halla con base en cálculos del CEDE a partir de información del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Los costos de transporte se calculan con base en el Ministerio de Transportes y COLFECAR

De igual forma que en el caso anterior, el efecto de los costos de transporte sobre la especialización y de esta sobre el crecimiento del PIB industrial se determina a partir de modelos de panel de datos con efectos fijos. En la primera estimación de la Tabla 3. se observa que el efecto de los costos de transporte sobre la especialización industrial es

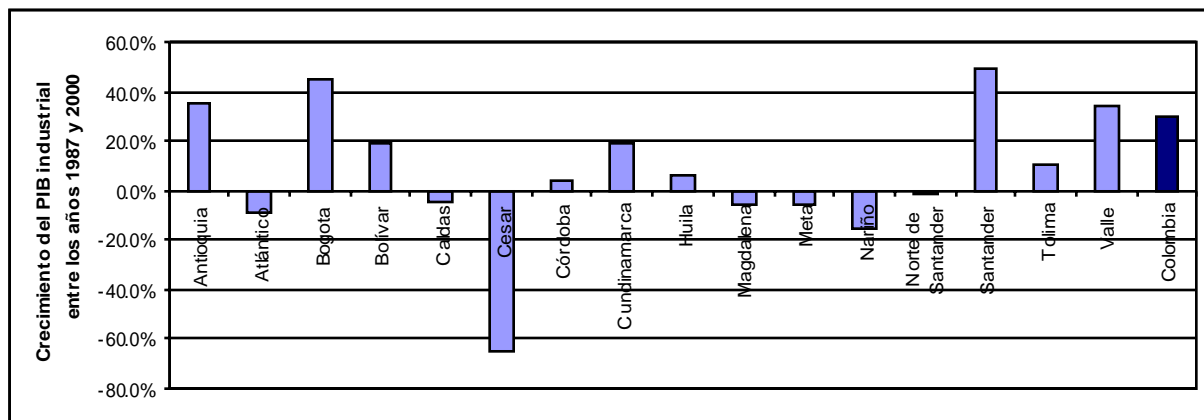
negativo, este resultado coincide con el estimado para el sector agrario; es decir, que la disminución de los costos de transporte de una región aumenta la especialización en esta. Por su parte, la segunda estimación indica que un aumento en la especialización industrial no afecta el crecimiento del PIB industrial. Este resultado, puede explicarse si se tiene en cuenta que la variación en los costos de transporte afecta de manera distinta a cada región. Cuando disminuyen los costos de transporte, teniendo en cuenta la teoría de la especialización, las firmas se trasladan de regiones poco productivas a regiones más productivas. Esto ocasiona que el crecimiento de las regiones menos productivas sea afectado negativamente por la disminución de los costos de transporte, mientras el crecimiento de las regiones más productivas sea afectado positivamente por dicha disminución. Lo anterior se ilustra en la Gráfica 11., en ella se observa que los departamentos que más contribuyeron al crecimiento industrial entre 1987-2000 fueron Antioquia, Bogotá, Santander y Valle; de hecho, la contribución de estas regiones al PIB manufacturero aumentó en 7.8% durante este periodo. Esta gráfica contrasta con la Gráfica 10. donde el 85% de los departamentos de la muestra contribuyeron al crecimiento del PIB agrario.

**Tabla 3. El efecto de los costos de transporte sobre la especialización industrial y de esta sobre el crecimiento del PIB industrial.**

Variable dependiente	Especialización Industrial	$\frac{\Delta PIB \text{ sector industrial}}{PIB \text{ sector industrial}_{t-1}}$
Costos de transporte rezagados <sup>(1)</sup>	-0.001 *** (-3.67)	
Especialización industrial rezagada	0.268 ** (-2.05)	-0.388 (-0.72)
Ln del PIB Industrial rezagado		-0.499 *** (-4.27)
Constante	0.613 *** (-6.03)	13.17 *** (-4.17)
Número de grupos	13	13
Número de observaciones por grupo	6	6
R <sup>2</sup> dentro	0.2392	0.2953
Prob > F	0.0002	0.0001
Prueba de Hausman (Prob > chi <sup>2</sup> )	0.0000	0.0002
Prueba de Breusch y Pagan (Prob > chi <sup>2</sup> )	0.1089	0.1098

\*\*\* Significativo al 99% \*\*Significativo al 95% \*Significativo al 90%  
 En la segunda estimación se controla por la tasa de cambio.  
<sup>(1)</sup> Los costos de transporte esta en miles de pesos  
 Los valores entre paréntesis son los t-estadísticos

**Grafica 11. Crecimiento del PIB industrial a nivel departamental y nacional entre los años 1987-2000**



Fuente: Cálculos del autor con base en datos del DNP.

En resumen, la posible diferencia entre los resultados del sector agrario y manufacturero radica en la movilidad de los factores de producción. En el sector agrario el factor más importante, la tierra, no se puede trasladar; por lo tanto, el efecto positivo de la especialización, y por ende de la disminución de los costos de transporte, se ve reflejado en cada región. En cambio, en el sector industrial las firmas pueden elegir trasladarse de zonas poco productivas a zonas más productivas, lo cual perjudica el crecimiento de las primeras y beneficia el de las segundas. Esto puede causar un intercambio (*Trade off*) entre crecimiento regional y crecimiento nacional; es decir, el crecimiento del país se basa en el crecimiento de sus regiones más productivas.

Por otra parte, si los costos de transporte entre regiones fueran nulos cada región produciría el bien en el cual es más productiva, por tanto el área de mercado<sup>16</sup> de cada región incluiría a toda la economía. Por ejemplo, si Atlántico fuera la región más productiva en el cultivo de yuca y los costos de transporte fueran nulos, entonces Atlántico produciría la yuca que consumiría toda Colombia sin tener que competir por el mercado con otros departamentos productores como Caquetá. No obstante, por lo general las economías no están totalmente especializadas, debido a que los costos de transporte son una porción importante del precio de un bien en su lugar de destino, lo que origina que varias regiones produzcan un mismo bien, incluso si algunas de ellas no son productivas. Por tanto, existen áreas de mercado y fronteras de mercado que delimitan a los consumidores que compran sus productos preferiblemente en un núcleo central.

<sup>16</sup> Las áreas de mercado son divisiones territoriales que tienen sentido económico, ya que son extensiones cuya población realiza sus compras de bienes o productos preferiblemente en un núcleo central.

## **8. El efecto de la disminución de los costos de transporte sobre el crecimiento regional**

En esta sección se muestra y analiza la relación Costos de Transporte – Crecimiento del PIB per cápita. En la primera parte se observan los resultados de los periodos de largo plazo, y en la segunda parte los del periodo de corto plazo.

### ***8.1 Periodos 1952-2000 y 1976-2000***

Las estimaciones econométricas en los periodos de largo plazo consisten en modelos pool, en los que la variable dependiente es el crecimiento del PIB per capita departamental y las variables independientes son los rezagos de la cobertura de secundaria y de las variables que determinan los costos de transporte. Las estimaciones para el periodo 1952-2000 se muestran en la Tabla 4. En ellas se observa que ha habido convergencia en el muy largo plazo entre los departamentos, ya que el signo del logaritmo natural del PIB per capita rezagado es negativo.

Por su parte, la variable de los costos de transporte, Vías por Terreno Montañoso no es significativa. En cambio, la distancia promedio rezagada en las estimaciones 1 y 2 es significativa al 90% y significa que una región  $j$ , que estaba 100 kilómetros más cerca de las demás regiones que una región  $h$ , creció entre 5.2% y 6.6% más que la región  $h$  durante los últimos 24 años. Por otro lado, el signo positivo de la multiplicación de la distancia promedio por la proporción de la población significa que el tamaño de las regiones atenúa el efecto negativo de los costos de transporte; esto se explica con mayor detalle para el periodo 1976-2000. Por otra parte, como se indicó anteriormente la variable porcentaje de vía pavimentada fue omitida de estas estimaciones debido a la falta de información.

En la tercera columna de la tabla 4. se observan los efectos del radio de mercado rezagado y de la lejanía al centro medio de población. De acuerdo a esta estimación una región  $j$ , que tenía en  $t$  un radio de mercado 100 kilómetros mayor que el de una región  $h$ , creció 12.3% más que la región  $h$  entre  $t$  y  $t+24$  años. Finalmente, para explicar el coeficiente de lejanía de las regiones con respecto a la población (LCMP) se supone que

una región j esta ubicada sobre el centro medio de población. De esta forma una región h que esta alejada de las demás regiones un 10% más que j presenta un crecimiento inferior al de j en 6.2 % en 24 años. Es decir, que a mayor distancia en línea recta de una región al centro medio de la población, el crecimiento de esta región es afectado negativamente.

**Tabla 4. Efecto de los Costos de transporte sobre el Crecimiento departamental para el periodo 1952-2000 (Cada 24 años)**

Variable dependiente $\Delta PIB$ per cápita $PIB$ per cápita <sub>t-1</sub>	Estimación 1 Coef.	Estimación 2 Coef.	Estimación 3 Coef.
Distancia promedio <sup>(1)</sup>	<b>-0.052 *</b> (-1.70)	<b>-0.066 *</b> (-1.99)	
Vías por Terreno Montañoso	-0.015 (-0.15)	-0.021 (-0.20)	
Distancia promedio a otras capitales <sup>(1)</sup> x Proporción de la población del departamento	<b>0.349 *</b> (1.90)	<b>0.440 **</b> (2.16)	
Radio de mercado <sup>(1)</sup>			<b>0.123 *</b> (-1.84)
Proporción de lejanía al centro medio de población (LCMP)			<b>-0.615 ***</b> (-2.86)
Ln PIB per cápita	<b>-0.553 ***</b> (-4.95)	<b>-0.496 ***</b> (-3.99)	<b>-0.478 ***</b> (-4.71)
Cobertura de secundaria		-0.690 (-1.04)	
Dummy año 1976	-0.135 (-1.23)	-0.353 (-1.50)	<b>-0.180 *</b> (-1.73)
Constante	<b>8.838 ***</b> (5.28)	<b>8.580 ***</b> (5.08)	<b>7.825 ***</b> (-4.83)
Número de observaciones	42	42	42
Prob>F	0.0008	0.0013	0
R <sup>2</sup>	0.4299	0.4471	0.439
R <sup>2</sup> ajustado	0.3507	0.3523	0.378

Nota: Todas las variables dependientes están rezagadas un periodo.  
Los valores entre paréntesis son los t-estadísticos

<sup>(1)</sup> Las distancias están en cientos de kilómetros

En la Tabla 5. se muestran las estimaciones para el periodo 1976-2000. En estas estimaciones, como en las anteriores, se observa convergencia entre los departamentos. Por otro lado, el efecto de la cobertura bruta en secundaria no es significativo en este periodo, de igual forma que en el periodo 1952-1976.

**Tabla 5. Efecto de los Costos de transporte sobre el Crecimiento departamental para el periodo 1976-2000 (Cada 12 años)**

Variable dependiente $\frac{\Delta PIB \text{ per cápita}}{PIB \text{ per cápita}_{t-1}}$	Estimación 4 Coef	Estimación 5 Coef	Estimación 6 Coef
Distancia promedio <sup>(1)</sup>	<b>-0.103 ***</b> (-3.98)	<b>-0.090 ***</b> (-3.25)	
Vías por Terreno Montañoso	<b>-0.136 *</b> (-1.81)	<b>-0.146 **</b> (-2.03)	
Distancia promedio a otras capitales <sup>(1)</sup> x Proporción de la población del departamento	<b>0.287 **</b> (2.21)	<b>0.248 *</b> (1.90)	
Proporción de vía pavimentada	0.262 (0.43)		
Radio de mercado <sup>(1)</sup>			0.077 (-0.93)
Proporción de lejanía al centro medio de población			<b>-0.723 ***</b> (-2.83)
Ln PIB per cápita	<b>-0.593 ***</b> (-5.15)	<b>-0.613 ***</b> (-5.59)	<b>-0.590 ***</b> (-4.37)
Cobertura de secundaria		0.447 (1.27)	
Dummy año 1988	-0.064 (-0.71)	-0.052 (-0.69)	-0.032 (-0.33)
Constante	<b>9.455 ***</b> (5.62)	<b>9.708 ***</b> (5.85)	<b>9.643 ***</b> (-4.54)
Número de observaciones	42	42	42
Prob>F	0.0004	0.0002	0.001
R <sup>2</sup>	0.4908	0.5106	0.401

$R^2$ ajustado	0.4035	0.4267	0.336
Nota: Todas las variables dependientes están rezagadas un periodo. Los valores entre paréntesis son los t-estadísticos			
<sup>(1)</sup> Las distancias están en cientos de kilómetros			

Con relación a las variables de costos de transporte, la distancia promedio rezagada es significativa al 99%. El coeficiente de esta variable indica que una región j, que estaba más cercana en promedio 100 Km de las demás regiones en comparación con una región h, en los doce años creció de 9% a 10% más que la región h. Es importante destacar que las distancias promedio de las capitales en muchos casos difieren en más de 100 Km. Por ejemplo, para 1988 la distancia promedio entre capitales era 727,3 Km y su desviación estándar era 132 Km. Esto demuestra que el efecto de los costos de transporte sobre el crecimiento es importante, y aun más si se tiene en cuenta que la distancia promedio disminuyó 94 Km entre 1988 y 2000. Por su parte, la variable Vías por terreno montañoso es significativa al 90% y al 95% en las estimaciones 4 y 5, respectivamente. De acuerdo a estas estimaciones, los departamentos cuyas vías de comunicación interregional pasan por terreno montañoso crecieron menos que aquellos cuyas vías pasan por terrenos más planos.

Por su parte, la distancia promedio a otras capitales multiplicada por la proporción de población presenta signo positivo y es significativa al 90% en las estimaciones 7 y 8. Al tomar la primera de estas estimación y derivar el crecimiento del PIB per capita con respecto a la distancia promedio obtenemos que el efecto de esta variable es  $-0.103+0.29*$  Proporción de la población del departamento. Por tanto, entre mas grande sea una economía en comparación a las demás el efecto de los costos de transporte sobre su crecimiento disminuye. Este resultado coincide con el de Galvis et al. (2000), quienes afirman que a nivel de ciudades el tamaño de estas afecta positivamente el crecimiento del PIB per capita.

Por ultimo, la estimación 9 (Tabla 5) muestra que el radio de mercado rezagado no tuvo efecto sobre el crecimiento en el periodo 1976-2000, en cambio la proporción de lejanía al centro medio de población tuvo un efecto negativo y significativo al 99%. Para explicar el coeficiente de esta variable se supone nuevamente que una región j esta ubicada sobre el centro medio de población. De esta forma una región h, que esta alejada de las demás regiones un 10% más que j, presenta un crecimiento inferior al de j en

7.23% en un periodo de 12 años. El resultado obtenido con el coeficiente de lejanía de las regiones con respecto a la población indica que las empresas tienen a ubicarse cerca de la demanda. Esto coincide con la afirmación de Krugman (1991) acerca de que las firmas tienden a localizarse en las regiones de mayor demanda para minimizar los costos de transporte.

En conclusión, las diferencias entre los costos de transporte entre regiones y la cercanía al mercado doméstico, es decir a la demanda, han contribuido de manera importante sobre las diferencias del crecimiento entre regiones. De acuerdo a Kim (1997) la divergencia entre las dotaciones de factores regionales contribuyen a la divergencia entre las estructuras industriales regionales y los ingresos per cápita regionales. En términos del presente estudio es posible que la dotación en infraestructura a nivel nacional (las vías que comunican a las regiones) haya favorecido más a unas regiones que a otras. Para observar mejor este efecto es preciso recordar que en el siglo pasado el desarrollo económico de Colombia se describió como cuadricefálico, donde los mercados regionales se desarrollaron alrededor de cuatro ciudades: Barranquilla, Medellín, Cali y Bogotá. Según Gouset (1998) esto se debió a la insuficiencia de redes viales que comunicaran a las regiones, lo cual fraccionó la actividad económica y los mercados. Por su parte, Sánchez et al. (2000) señalan que a partir de la década de los cincuenta se realizaron grandes inversiones en infraestructura vial, cuyo objetivo era integrar el mercado nacional y permitir que muchas industrias se beneficiaran de las economías de escala. Como resultado de esta política la actividad económica comenzó a trasladarse al centro del país, para aprovechar las ventajas que ofrecen los grandes mercados nacionales, perjudicando de esta forma los municipios ubicados en la periferia. Esta conclusión de Sánchez et al. (2000) está acorde con los resultados del presente estudio, ya que al romper las barreras geográficas los costos de transporte disminuyeron favoreciendo probablemente a las regiones con mejor dotación de factores (mano de obra, servicios vías de comunicación, etc). Esto coincide con los resultados de la sección 2., donde se concluyó que la disminución de los costos de transporte, teniendo en cuenta la teoría de la especialización, inducía a las firmas a trasladarse de regiones poco productivas a regiones más productivas. Lo que ocasiona que el crecimiento de las regiones menos productivas sea afectado negativamente por la disminución de los costos



de transporte, mientras el crecimiento de las regiones más productivas sea afectado positivamente por dicha disminución. Esto influyó, por ejemplo, en la decisión de los industriales en ubicarse en ciudades como Bogotá, donde incluso podían acceder a varios mercados con los menores costos posibles.

## 8.2 Periodo 1987-2001

Las estimaciones econométricas en el periodo 1987-2000 consisten en modelos de panel de datos con efectos fijos, en los que la variable dependiente es el crecimiento del PIB per capita departamental y las variables independientes son los rezagos de la cobertura de secundaria y del crecimiento de los costos de transporte.

Las estimaciones de la Tabla 6. indican que ha habido convergencia entre las capitales durante el periodo 1987-2001, ya que el signo del logaritmo natural del PIB per capita rezagado es negativo. Por su parte, el decrecimiento de los costos de transporte afecta positivamente el crecimiento del PIB per cápita. Un decrecimiento de los costos de transporte en 1% aumenta el crecimiento de PIB per cápita en 0.309%.

**Tabla 6. Efecto de los Costos de transporte sobre el Crecimiento de las capitales para el periodo 1987-2001**

Variable dependiente $\frac{\Delta PIB \text{ per capita}}{PIB \text{ per capita}_{t-1}}$	Panel 1	Panel 2
	Coef	Coef
Crecimiento de los costos de transporte	<b>-0.309 ***</b> (-3.58)	<b>-0.309 ***</b> (-3.55)
Cobertura bruta en secundaria		0.011 (0.15)
Ln del PIB	<b>-0.789 ***</b> (-6.01)	<b>-0.794 ***</b> (-5.83)
Dummy año 1991	<b>-0.089 **</b> (-2.44)	<b>-0.087 **</b> (-2.29)
Dummy año 1999	<b>-0.166 ***</b> (-4.58)	<b>-0.166 ***</b> (-4.54)
Constante	<b>12.509 ***</b> (6.03)	<b>12.577 ***</b> (5.88)
Número de observaciones	78	78
Número de grupos	13	13
Número de observaciones por grupo	6	6
R <sup>2</sup> dentro	0.568	0.569
Prob > F	0.000	0.000
Prueba de Hausman (Prob > chi <sup>2</sup> )	0.000	0.000
Prueba de Breusch y Pagan (Prob > chi <sup>2</sup> )	0.198	0.182

\*\*\* Significativo al 99%    \*\* Significativo al 95%    \* Significativo al 90%

Nota: Todas las variables dependientes están rezagadas un periodo.

Los valores entre paréntesis son los t-estadísticos

---

A raíz de la apertura, emprendida por el gobierno del presidente Gaviria en 1991, la integración económica se priorizó. A causa de esto, durante la década de los noventa se realizaron grandes obras de infraestructura vial para integrar a las regiones, la más importante de ellas y con mayor impacto fue la construcción de la Troncal del Magdalena, cuyo objetivo principal es unir los grandes centros de producción con los puertos de la Costa Atlántica. En el Anexo 1. se observa el impacto que tuvo la construcción de esta troncal y el mejoramiento de otras vías principales sobre algunos determinantes de los costos de transporte en la década de los noventa: distancia, tiempos de viaje, velocidades y pendientes.

No obstante, según Lotero (1998) la apertura ha obtenido resultados contrarios en cuanto a la reducción de las desigualdades regionales, debido a la existencia de externalidades y ventajas adquiridas por algunas regiones que favorecen la concentración estratégica de la producción. Teniendo en cuenta esto y el hecho de que los costos de transporte disminuyeron 44% entre 1987 y 2001, es probable que tal disminución haya incentivado a los productores a trasladarse a las zonas con las mejores dotaciones de factores (entre ellos la infraestructura vial) perjudicando así a las demás zonas. Por tanto, es posible que la construcción de infraestructura vial en la década de los noventa haya favorecido más a unas regiones que a otras debido a la discrepancia que existe entre la dotación de factores (servicios, mano de obra calificada, infraestructura, etc) a nivel regional. Por ejemplo, en el Anexo 1. se observa que la Troncal del Magdalena disminuyó en 5 horas el tiempo de viaje entre Bogotá y Barranquilla, es probable que esta disminución haya originado el traslado de empresas de Barranquilla a Bogotá. Además, ciudades como Bogotá o Medellín ofrecen los beneficios de las economías de aglomeración y están cerca a la demanda doméstica, que para el año 2002 ascendió al 82.3% del PIB (DANE).

Adicional a lo anterior, la relocalización de las firmas también está motivada por el aumento de las ganancias de los empresarios al disminuir los costos de transporte. La disminución de los costos de transporte puede afectar los beneficios de los consumidores,

de los productores de bienes finales y de los transportadores. El impacto de la disminución de dichos costos se observa en la forma en que se distribuye entre estos tres agentes. Si la disminución de los costos de transporte se refleja totalmente en una disminución de los precios de los bienes finales, como en el modelo teórico desarrollado en el documento, esta disminución favorece a los consumidores y a los productores cuando aumenta su área de mercado. Sin embargo, el descenso de los costos de transporte no se observa siempre como un descenso en los precios debido a las imperfecciones del mercado. Cuando una empresa transporta sus propios productos, la reducción de los costos de esta actividad se puede reflejar únicamente en las ganancias del productor y no en el precio del producto que comercializa. Por otro lado, si el productor contrata una empresa transportadora, el ahorro por la reducción de los costos de transporte se puede reflejar en las ganancias de la empresa transportadora. No obstante, sin importar como se distribuya la disminución de los costos de transporte entre los tres agentes, las empresas son motivadas a trasladarse de regiones poco productivas a regiones más productivas debido a que sus ganancias aumentan en estas, ya sea porque aumentó su área de mercado o porque disminuyeron sus costos de transacción.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

Los principales resultados de la investigación indican que la disminución de los costos de transporte ha incrementado la especialización en los sectores agrario e industrial. Por su parte, la especialización agraria afecta positivamente el crecimiento de este sector, en cambio la especialización industrial no tiene efecto sobre el crecimiento del PIB manufacturero. Esta diferencia entre los efectos de la especialización sobre los crecimientos de ambos sectores se debe posiblemente a la capacidad de movilidad de los factores de producción. En el sector agrario el factor más importante, la tierra, no se puede trasladar; por lo tanto, el efecto positivo de la especialización, y por ende de la disminución de los costos de transporte, se ve reflejado en cada región. En cambio, en el sector industrial las firmas pueden elegir trasladarse de zonas poco productivas a zonas más productivas, lo cual perjudica el crecimiento de las primeras y beneficia el de las segundas. Esto puede causar un intercambio (*Trade off*) entre crecimiento regional y crecimiento nacional; es decir, el crecimiento del país se centra en el crecimiento de sus

regiones más productivas. Además, como se observó en la sección 7., el crecimiento industrial en Colombia entre 1987 y 1999 se concentró en sus regiones más prosperas.

Por otro lado, la infraestructura vial está cumpliendo su función integradora facilitando el comercio y permitiendo que las regiones se especialicen en lo que son más productivas. Sin embargo, para que haya una especialización total, los costos de transportes deben ser los menores para el bien en que cada región es más productiva.

El estudio también concluye que los costos de transporte han tenido un gran efecto tanto en el crecimiento del PIB per capita departamental en el largo plazo, como en el crecimiento del PIB per cápita de las ciudades en el corto plazo. Para el caso de las regiones en el largo plazo, las estimaciones econométricas señalan que la distancia real promedio de una ciudad a las demás ciudades tiene efecto negativo; no obstante, este efecto es atenuado por el tamaño de la región. Otro resultado importante es que la lejanía de una región al centro medio de la población afecta negativamente su crecimiento, es decir que en Colombia las empresas tienden a ubicarse cerca de la demanda para reducir costos de transporte. Por su parte, las estimaciones de corto plazo indican un efecto positivo del decrecimiento de los costos de transporte (fletes) sobre el crecimiento de las ciudades. Un decrecimiento de los costos de transporte en 1% aumenta el crecimiento de PIB per cápita en 0.309%. Este resultado es importante si se tiene en cuenta que los costos de transporte disminuyeron 44% entre 1987 y 2001.

En el análisis de resultados se llega a la conclusión que es probable que la disminución de los costos de transporte haya favorecido a las regiones con mejor dotación de factores (mano de obra, servicios, infraestructura, etc.), ya que las empresas por aumentar su productividad y sus ganancias se trasladan hacia estas regiones perjudicando el crecimiento de las regiones menos productivas. Adicionalmente, la decisión de localización de las empresas es afectada por la cercanía al mercado doméstico y por los beneficios que ofrecen las economías de aglomeración.

A partir de los resultados del estudio, las recomendaciones que se sugieren están orientadas en dos sentidos. El primer sentido abarca políticas que contribuyen a la disminución de los costos de transporte, y el segundo sentido hace referencia a las implicaciones que dicha disminución tiene sobre la economía regional.

En la actualidad el gobierno esta desarrollando varios programas que tienen el fin de disminuir los costos de transporte como son la transformación de vehículos, la homologación de carrocerías, chasises y semirremolques, y varios convenios que facilitan el transporte internacional de personas y mercancías, entre otros (Plan indicativo del Ministerio de Transporte, 2004). Para complementar estos programas se recomienda la realización de estudios departamentales en los cuales se halle el efecto de los costos de transporte sobre la economía de cada región. A partir de estos estudios se pueden aplicar políticas para disminuir los costos de transporte a nivel regional. Entre las políticas que se pueden aplicar están aquellas que aceleran el intercambio tecnológico en el sector transporte, tales como el otorgamiento de créditos blandos para la adopción de nuevas tecnologías, la sustitución de combustibles, la capacitación en el uso de los recursos y de nuevas tecnologías.

La implicación más importante de la disminución de los costos de transporte es que afecta la localización industrial, ya que motiva a los empresarios a trasladarse de zonas poco productivas a zonas más productivas. Por tanto, toda política que disminuya los costos de transporte debe estar acompañada de políticas que aumenten la productividad en las regiones con menores ventajas, de lo contrario las disparidades regionales en el sector manufacturero se incrementaran. Por ejemplo, esto se puede contrarrestar a través de políticas de instrucción y capacitación en nuevas tecnologías de transporte, para que las regiones menos productivas puedan competir con mejores precios con las regiones más productivas.

Además de lo anterior, los costos de transporte al modificar la localización industrial también afecta el mercado laboral, incluso esta es una de las advertencias que hace el estudio hecho por la Universidad de Harvard en 1968. Por tanto, es conveniente realizar estudios y diseñar políticas contra el desempleo.

A partir de la evidencia empírica encontrada de que la disminución en los costos de transporte impacta positivamente el crecimiento económico, se podría pensar en nuevos estudios orientados a la cuantificación de los cambios en el bienestar social derivados de los cambios en los costos de transporte. Esto ameritaría el uso de la técnica de análisis costo beneficios desde el punto de vista público.

Es importante en el futuro proponer estudios encaminados a evaluar la sinergia que podría tener las disminuciones en los costos de transporte con otros aspectos que también influyen sobre el crecimiento económico, como por ejemplo, el incremento del comercio internacional, sobre todo en la caso de las ciudades con más desventajas desde el punto de vista geográfico.

Tomando como punto de partida las ganancias en eficiencia derivadas de la reducción en los costos de transporte sería importante proponer estudios que analicen sobre qué grupos de la sociedad se distribuyen las ganancias generadas por el crecimiento económico y en qué magnitud. Es decir, sería importante proponer estudios que además de la eficiencia también exploren los impactos sobre la equidad.

En futuros estudios se podría cambiar el supuesto de competencia perfecta en el mercado por la de poder de mercado (oligopolio o competencia monopolística) y analizar como cambia el resultado encontrado en este estudio. La evidencia encontrada a partir de este estudio aportaría información valiosa para el diseño de políticas regulatorias y otras políticas de interés público que ayuden a maximizar los excedentes económicos de la sociedad derivados de los cambios positivos en el crecimiento económico.

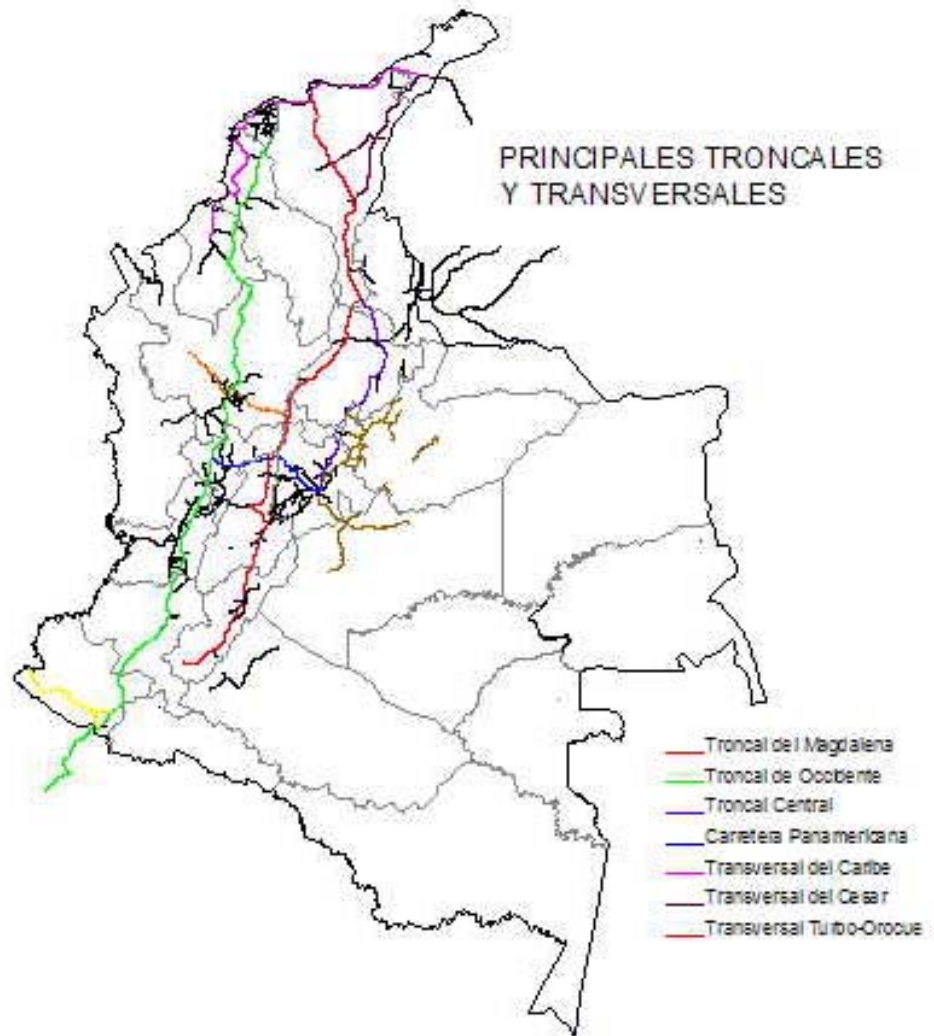
## Bibliografía

- Aschauer, M. (1987). "Computing robust standard errors for within groups estimators". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 49, 431-434.
- Barro & Sala-i-Martin. (1995). "Economic Growth". New York : McGraw-Hill.
- Biehl, D., Niegsch, C. & Nimmermann, P. (1999). "La infraestructura según el enfoque del desarrollo regional: análisis teórico e empírico". *Desequilibrios territoriales en España y Europa*. Ariel Economía, ed. pp. 117-135.
- Bushnell, D. (1996). "Colombia una Nación a pesar de si misma". Editorial Planeta, Bogotá.
- Castells, A. & Bosch N. (editores). (1999). "Desequilibrios territoriales en España y Europa". Editorial Ariel, Barcelona.
- Combes, P-P, & Lafourcade, M. (2001). "Transport Cost Decline and Regional Inequalities: Evidence from France". CEPR Discussion Papers N° 2894.
- Combes, P-P, & Lafourcade, M. (2004). "Transport costs: measures, determinants, and regional policy implications for France"
- Converse. (1949). "New Laws of Retail Gravitation". *Journal of Marketing*, N°14, pp. 194-102.
- Chandra, Amita, & Thompson. (1999). "Does public infrastructure affect economic activity? Evidence from the rural interstate highway system". *Regional Science & Urban Economics* 30 (2000), 457-490.
- Eberts, R. (1986). "Estimating the contribution of urban public infrastructure to regional economic growth". Federal Reserve Bank of Cleveland, Working Paper 8620.
- Esteban, J. (1999). "Un análisis de las desigualdades interregionales en Europa: la década de los ochenta". *Desequilibrios territoriales en España y Europa*. Ariel Economía, ed. pp. 58-92
- Fernández, C. (1998). "Agglomeration and Trade: The case of Colombia". *Ensayos sobre Política Económica*, N°33, Junio de 1998. Banco de la Republica.
- Garcia-Mila, T., MacGuire, T.J., (1992). "The contribution of publicly provided inputs to states' economies". *Regional Science and Urban Economics* 22, 229-241.
- Harvard University (1968). "An analysis of investment alternatives in the Colombian Transport System"
- Isard, W. (1965). "Location and Space-Economic". Cambridge, Mass. M.I.T.
- Galvis, L. & Meisel, A. (2000). "El crecimiento económico de las ciudades colombianas y sus determinantes, 1973-1998". *Documentos de trabajo sobre economía regional*, Centro de Investigaciones Económicas del Caribe, Banco de la Republica.
- Glasser, E. & Kohlhanse, J. (2003). "Cities, Regions and the decline of Transport Cost". NEBR working papers series 9886.
- Holtz-Eakin, D. & Schwartz, A. (1995). "Infrastructure in a structural model of economic growth". *Regional Science and Urban Economics* 25, 131-152.
- Kilkenny, M. (2005). "Geography, and Agriculture, and Development". Department of Economics, Iowa State University. [kilkenny@iastate.edu](mailto:kilkenny@iastate.edu).
- Kim, S. (1997). "Economic Integration and convergence: U.S. regions". NBER Working Paper Series. N°6335.

- Krugman, P. (1991). "Increasing Returns and Economic Geography" *Journal of Political Economy*, 1991, vol. 99. N° 3.
- Lösch, A. (1957). "Teoría Económica Espacial". Ed. El Ateneo. Buenos Aires.
- Lotero, J. (1998). "Apertura y desarrollo industrial en las áreas metropolitanas de Colombia". Ponencia presentada al cuarto seminario Internacional sobre Globalización y Territorio, Bogotá, CIDER, Universidad de los Andes. Abril 22, 23 y 24 de 1998.
- Memorias del Ministerio de Transporte para los años 1953 y de 1992 a 2001.
- Ministerio de Transporte. (1994). "Estudio Plan Maestro de Transporte. Sistema de transporte en Colombia: modo carreteras". Tomo 3, capítulo 2.
- Ministerio de Transporte. (1992). "Red Vial Nacional: Principales Troncales y Transversales".
- Ministerio de Transporte. (2000). "Parque automotor de transporte de carga en Colombia".
- Ministerio de Transporte. (1998 y 2001). "Actualización costos transporte de carga".
- Munnell, A., (1990). "How does public infrastructure affect regional economic performance? A. Munnell, ed., Is there a shortfall in public capital investment?"
- Reilly, 1931. "The Law of Retail Gravitation". Nueva York, W.J. Reilly, Inc.
- Marshall, A. (1920). "Principles of Economics" Macmillan, London.
- Netherlands Economic Institute. (1974). "Transport study in the area of Rio Magdalena".
- Sánchez, F. (1993). "El papel del capital público en la producción, la inversión y el crecimiento económico en Colombia". Departamento Nacional de Planeación, Unidad de Análisis Macroeconómico.
- Sánchez, F., y Núñez, J. "La geografía y el desarrollo económico de en Colombia: Una Aproximación Municipal". Desarrollo y Sociedad, Septiembre, 2000.
- Weber, A. (1909). "Über den Standort der Industrien", Mohr Verlag, Tübingen.

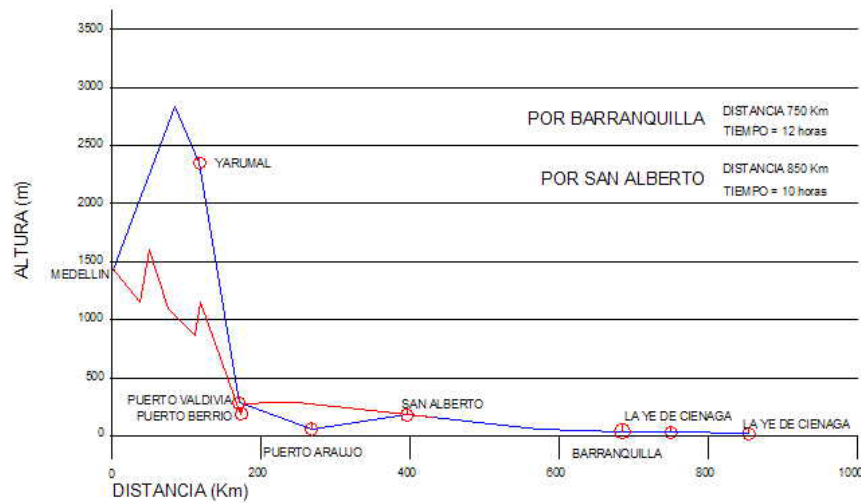


**Anexo 1. Algunos cambios en los determinantes de los costos de transporte debidos a la construcción de infraestructura**

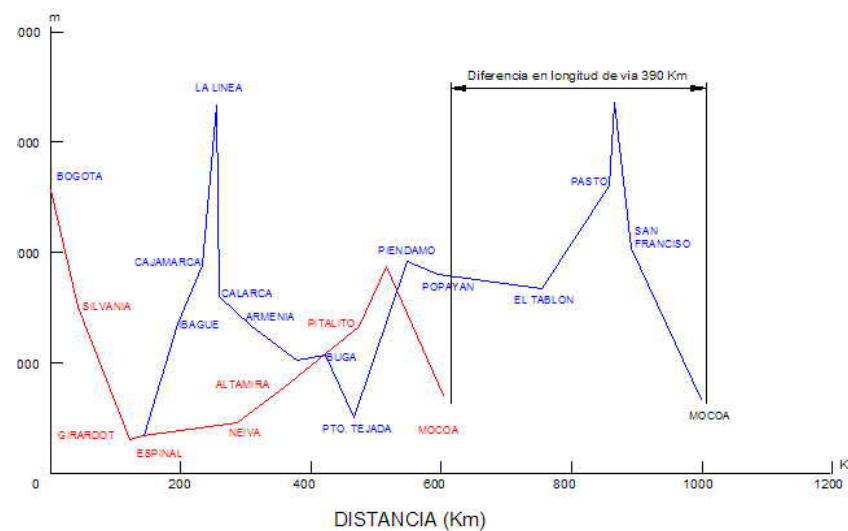


Via	Características especiales	Disminución en distancias	Disminución en tiempos de viaje	Aumento de velocidades
<b>Troncal del Magdalena</b>	Tiene una longitud de 1490,4 Kms. Atraviesa los departamentos de Putumayo, Cauca, Huila, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Cesar y Magdalena.	El recorrido Bogotá-Mocóa se redujo de 1103 Kms a 625 Kms. La distancia entre Cúcuta-Medellín se redujo de 1005 Kms a 659 Kms.	El tiempo de viaje entre Bogotá-Mocóa se redujo de 26 a 15 horas. El tiempo de viaje entre Medellín-Cúcuta se redujo de 27 a 15 horas. Redujo el tiempo de viaje entre Bogotá-Santa Marta Y/O Bogota-Barranquilla en 5 horas.	Velocidad promedio de 70 km/h
<b>Troncal del Occidente</b>	Une los centros de producción de Sur-occidente colombiano con el centro del país y la Costa Atlántica. Tiene una longitud de 1580,4 Kms. Atraviesa los departamentos de Nariño, Cauca, Valle, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar y Atlántico.		Por la construcción de la Variante de Porce el tiempo de viaje entre Medellín y Cauca se redujo en 2.5 horas.	Por aumento en el ancho de banca la velocidad promedio de la troncal aumento de 55 km/h a 70 km/h.
<b>Troncal Central</b>	Tiene una longitud de 482.6 Kms. Empeza en Bogotá, atraviesa Boyacá, Santander, Norte de Santander y termina en San Alberto (Cesar), lugar donde desemboca en la Troncal del Magdalena.	Acortó la distancia entre Bogotá y Bucaramanga en 30 Kms., evitando el paso por Tunja.	Disminuyó el tiempo de viaje entre Bogotá y Bucaramanga en una hora.	
<b>Trasversal Turbo-Orocúe</b>	Atraviesa los departamentos de Antioquia, Santander, Boyacá y Casanare. Tiene una longitud de 991.4 Kms y cruza por las cuatro Troncales del país.		El tiempo de viaje entre Medellín y Turbo se redujo de 12 a 6.5 horas. Redujo el tiempo de viaje entre Medellín y Santa Marta en 2.5 horas. Redujo el tiempo de viaje entre Medellín y Tunja en 4.5 horas.	la velocidad promedio entre Medellín y Turbo aumento de 30Km/h a 55km/h.

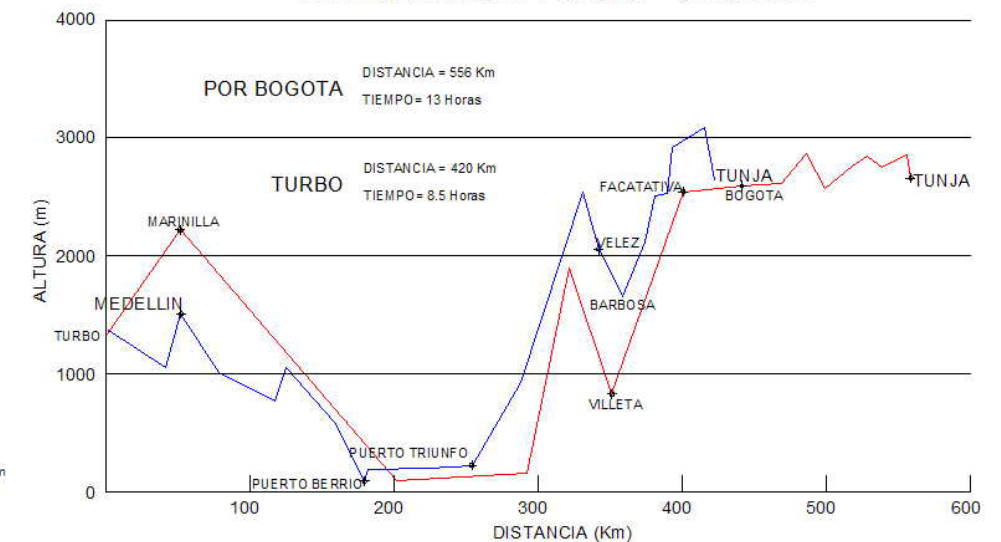
VIAS MEDELLIN - LA YE DE CIENAGA



TRONCAL DEL MAGDALENA PERFILES COMPARATIVOS RUTA BOGOTA - MOCOA



TRANSVERSAL TURBO - OROCUE



## Anexo 2. Modelo de estática comparativa

Teniendo en cuenta los supuestos de los modelo que se explicaron en la sección 3, el consumidor  $i$  está a una distancia  $r_{ji}$  de la empresa  $j$  y a una distancia  $r_{hi}$  de  $h$ . Estas distancias son los radios de mercado de cada una de las regiones y varían con los costos de transporte, por tanto:

$$r_{ji} + r_{hi} = d_{jh} \quad [10]$$

Como las empresas están en competencia perfecta, el precio del producto  $s$  en su región origen es igual al costo marginal ( $c_j$  en  $j$  y  $c_h$  en  $h$ ), y en las demás regiones es igual al costo marginal más los costos de transporte. Los costos de transporte por unidad de distancia entre el consumidor  $i$  y las regiones  $j$  y  $h$  son  $t_{ji}$  y  $t_{hi}$ , respectivamente. Teniendo en cuenta lo anterior en la frontera de mercado se debe cumplir:

$$c_j + t_{ji}r_{ji} = c_h + t_{hi}r_{hi} \quad [11]$$

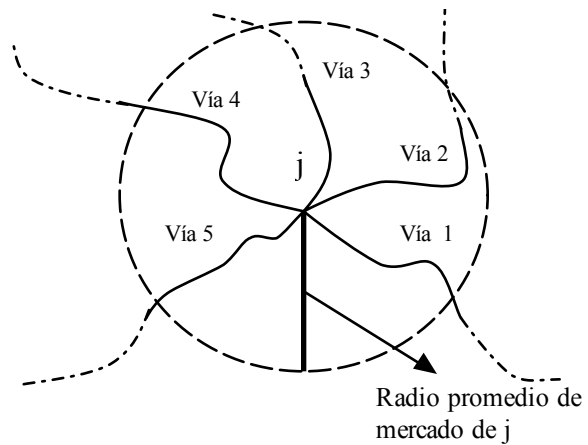
Cuando se realiza una mejora a la vía  $j$ - $i$ , los radios de mercado de cada región cambian debido a que los costos de transporte de  $j$  a  $i$  disminuyen. Para observar este efecto se reemplaza la ecuación [10] en la [11] y se deriva implícitamente:

$$\frac{\hat{c}r_{ji}}{\hat{\partial}t_{ji}} = - \frac{c_h - c_j + t_{hi}d_{jh}}{(t_{ji} + t_{hi})^2} \quad [12]$$

La ecuación [12] indica que el cambio en el radio de mercado de la región  $j$  va en dirección contraria a los costos de transporte. También se observa que el radio de mercado depende directamente de los costos de transporte de su competidor, ya que entre mayores costos de transporte tenga  $h$ ,  $j$  ganará más área de mercado. Adicionalmente, este cambio es inverso a los costos generales de transporte. Por otra parte, si los costos marginales de la empresa  $h$  son mayores a los de la empresa  $j$ , es decir  $c_j < c_h$ , se puede afirmar que a mayor diferencia entre los costos marginales de ambas regiones, mayor será el efecto del mejoramiento de las vías sobre el área de mercado de las regiones.

Para hallar el cambio en la cantidad de consumidores de la región  $j$  se definen dos conceptos: el primero, es la densidad de la población por Km.-lineal ( $\theta$ ), y el segundo es que el número de vías que comunican a la región  $j$  con sus consumidores ( $V_j$ ). A partir de esto obtenemos el radio total y radio promedio de mercado de la región  $j$ . El radio total se define como  $r_j = \sum_i r_{ji}$ . El radio promedio se ilustra en la Figura 4., donde la línea continua de cada vía es  $r_{ji}$ , y se calcula como:  $\bar{r}_j = \frac{\sum_i r_{ji}}{V_j}$

**Figura 4. Área y radio de mercado de la región  $j$**



A partir del radio total de mercado se halla la cantidad de los consumidores del producto  $s$  producido en la región  $j$ , la cual esta dada por:  $C_j = r_j \theta$  [13]

Los radios promedio y total de mercado de  $j$  cambian al mejorar la infraestructura vial que comunica a la región  $j$  con las demás regiones. Dicho cambio para el radio total es la suma de los cambios en los radios de mercado de cada vía debido a las variaciones en la calidad del servicio de las vías. Mientras el cambio para el radio promedio es la media de todos los cambios. De acuerdo a lo anterior las variaciones de los radios total y promedio son:

$$\frac{\partial r_j}{\partial t_{ij}} = \sum_i \frac{\partial r_{ji}}{\partial t_{ij}} \quad y \quad \frac{\partial \bar{r}_j}{\partial t_{ij}} = \frac{\sum_i \frac{\partial r_{ji}}{\partial t_{ij}}}{V_j} \quad [14]$$

A partir de la ecuación [13] se puede hallar el cambio en la cantidad de consumidores por una mejora de la vía  $j$ - $i$ . La ecuación [15] confirma que la región  $j$  gana consumidores a costa de la región  $h$ . Adicionalmente, esta ganancia es mayor a medida que aumentan los costos de transportar un bien de  $h$  a  $i$ :

$$\frac{\partial C_j}{\partial t_{ji}} = \frac{\partial r_j}{\partial t_{ji}} \theta = - \frac{t_{hi} d_{jh}}{(t_{ji} + t_{hi})^2} \theta \quad [15]$$

### A.1.2 Comportamiento de las empresas

Las firmas están en competencia perfecta, la función de producción de las firmas productoras del bien final  $s$  en la región  $j$  (como en la  $h$ ) es:

$$Y_j = l^{1-\alpha} \sum_{n=1}^N X_n^\alpha \quad [16]$$

Donde  $l$  representa la mano de obra,  $X_n$  cada uno de los bienes intermedios utilizados en la producción y  $N$  el total de bienes intermedios en la economía. La forma aditivamente separable para  $X_n^\alpha$  significa que el producto marginal del bien intermedio  $n$  es independiente de la cantidad empleada del bien intermedio  $n$ . De acuerdo con Barro y Sala-i-Martin, la independencia de los productos marginales hace un promedio entre la complementación y sustitución entre los bienes intermedios. El precio del bien intermedio es  $P_0$  y se asume como constante en su lugar de origen. Los costos de transportar una unidad de bien intermedio de la región  $m$  a la  $j$  es  $t_{mj}$  por unidad de distancia y la distancia entre estas regiones es  $D_{mj}$ . Un segundo supuesto es que las firmas utilizan todos los bienes intermedios en la misma cantidad  $X$ . Teniendo en cuenta lo anterior, los costos totales de las empresas son:

$$wl_j + \sum_{n=1}^N X_n P_0 \tau_{mj} \quad \text{donde:} \quad \tau_{mj} = 1 + \frac{D_{mj} t_{mj}}{P_0} \quad [17]$$

Siendo  $\tau_{mj} = 1$  cuando el lugar de origen del bien intermedio es  $j$ . Por otra parte, si la región  $j$  trae los bienes intermedios de varias regiones el costo total del transporte de estos bienes es:

$$CT_{intermedios} = X \sum_{n=1}^N D_{mj} t_{mj}$$

A partir de la ecuación anterior se puede hallar el costo medio de transportar un bien intermedio a la región j, lo cual se especifica en la ecuación [12]:

$$\bar{T}_j = \frac{X \sum_{n=1}^N D_{mj} t_{mj}}{N * X} = \frac{\sum_{n=1}^N D_{mj} t_{mj}}{N}$$

Con base en la ecuación [10] se halla el  $\bar{\tau}$  para la región j:

$$\sum_{n=1}^N \tau_{mj} = \sum_{n=1}^N \left( 1 + \frac{D_{mj} t_{mj}}{P_0} \right) = N + \frac{N \bar{T}_j}{P_0} \quad \text{por tanto:} \quad \bar{\tau}_j = \frac{\sum_{n=1}^N \tau_{mj}}{N} = 1 + \frac{\bar{T}_j}{P_0} \quad [18]$$

De acuerdo a la ecuación [18], los costos medios de transportar un bien intermedio a la región j son un porcentaje del precio del bien intermedio en su región de origen.

La firma representativa de cualquier región minimiza su función de costos con respecto a su tecnología:

$$\begin{cases} \text{Min}_{l_j, x_n} w l_j + \sum_{n=1}^N X_n P_0 \tau_{mj} \\ \text{s.a} \quad Y_j = l^{1-\alpha} \sum_{n=1}^N X_n^\alpha \end{cases}$$

Al solucionar la minimización se obtienen las siguientes demandas condicionadas de factores:

$$X_n = Y \left( \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \frac{w}{P_0 \tau_{mj}} \right)^{1-\alpha} N^{\alpha-2} \quad \text{y} \quad l_j = Y \left( \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \frac{w}{P_0 \tau_{mj}} \right)^{-\alpha} N^{\alpha-1}$$

Como todos los bienes intermedios son usados en la misma cantidad, el costo de transporte que determina la compra de los insumos es el costo de transporte medio, por tanto:

$$X_n = Y \left( \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \frac{w}{P_0 \tau_{med}} \right)^{1-\alpha} N^{\alpha-2} \quad \text{y} \quad l_j = Y \left( \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \frac{w}{P_0 \tau_{med}} \right)^{-\alpha} N^{\alpha-1}$$

A partir de las ecuaciones anteriores se obtiene la función de costos de las empresas:

$$CT = Y N^{\alpha-1} w \left( \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{w}{P_0 \tau_{med}} \right)^{-\alpha} \left( \frac{1}{1-\alpha} \right)$$

Como las empresas están en competencia perfecta el precio del bien final s es igual a su costo marginal:

$$P_j = c_j = \left( \frac{w}{N(1-\alpha)} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{P_0 \tau_{med}^j}{\alpha} \right)^\alpha \quad \text{y} \quad \frac{\partial P_j}{\partial \tau_{med}^j} = \alpha \left( \frac{w}{N(1-\alpha) \tau_{med}^j} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{P_0}{\alpha} \right)^\alpha \quad [19]$$

La ecuación [19] es la función de oferta de las empresas, la cual es elástica y depende de los costos de transporte de los insumos. Teniendo en cuenta esto y lo que se indicó para la ecuación [12], los costos de transporte de los insumos al afectar el costo marginal afecta el área de mercado de las regiones. La derivada con respecto a los costos de transporte de los insumos de la función de oferta es positiva; es decir, que a mayores costos de transporte mayor es el precio del bien final.

### A.1.3 Comportamiento de los consumidores

Todos los consumidores tienen las mismas preferencias. La utilidad de ellos depende del consumo del bien  $s$  ( $C_i^s$ ). Para el siguiente análisis se asume que el ingreso promedio que deciden consumir los agentes en el área de mercado de  $j$  es  $R_j$ . La función de utilidad esta dada por:  $U(C_i^s) = C_i^s$

Al resolver el problema del consumidor se obtiene que la demanda del bien  $s$  para cada consumidor en el área de mercado de  $j$  es:

$$C_{ji}^s = \frac{R_j}{p_i^s} \quad [20] \quad C_{ji}^s = \frac{R_j}{p_j^s + D_{ji}t_{ji}} \quad [21] \quad C_{ij}^s / km = \frac{\theta^* R_{ij}}{p_j + D_{ji}t_{ji}} \quad [22]$$

Donde  $p_i^s$  es el precio del bien final  $s$  para cada consumidor. Dicho precio varia de acuerdo a los costos de transporte entre la región origen y la región destino. Considerando que la región origen del bien  $s$  es  $j$  se puede afirmar que  $p_i^s = p_j^s + D_{ji}t_{ji}$ . Por tanto la ecuación [20] se puede describir como la ecuación [21]. Al multiplicar la ecuación [21] por la densidad de población se halla el consumo por unidad de longitud. Dicho consumo depende únicamente de la longitud por la cual están separados los consumidores y los productores (Ecuación [22]).

### A.1.4. Demanda total

Con el fin de obtener la demanda total del bien  $s$  producido en la región  $j$  se halla la demanda a través el radio promedio de mercado (Ecuación [23]). Para realizar este ejercicio se supone que el costo por kilómetro para transportar un bien desde  $j$  es  $t_j$  por cualquier vía.

$$Q_j = \int_0^{\bar{r}_j} \frac{\theta^* R_{ij}}{p_j + D_{ji}t_j} dD_{ji} = \frac{\theta R_j}{t_j} (\ln(p_j + t_j \bar{r}_j) - \ln(p_j)) = \frac{\theta R_j}{t_j} \ln \left( 1 + \frac{t_j \bar{r}_j}{p_j} \right) \quad [23]$$

Para hallar la demanda total esta cantidad debe multiplicarse por el número de vías que comunican a la región  $j$ . Por último, se reemplaza  $p_j$ :

$$Q_j = \frac{\theta V_j R_j}{t_j} \ln \left( 1 + \frac{t_j \bar{r}_j}{\left( \frac{w}{N(1-\alpha)} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{P_0 \tau_{med}^j}{\alpha} \right)^\alpha} \right)$$

En este caso la demanda determina la producción de la región  $j$  en el equilibrio. La producción puede variar debido a cambios en el área de mercado de la región. Esta área de mercado, o radio promedio de mercado como se le ha llamado en el documento, aumenta al disminuir los costos de transporte de dos formas: la primera, es la disminución del precio en lugar destino del bien final al mejorar las vías que conectan el origen con el destino del bien. La segunda, es la disminución de los costos marginales debido a la reducción de los costos de transporte de los bienes intermedios e insumos, lo cual también es ocasionado por mejoras en la infraestructura. Esto hace que la región  $j$  tenga ventajas con relación a la región  $h$  ya que puede abarcar un área mayor de mercado, produciendo y transportando sus productos a unos costos más bajos.