



ENSAYOS

sobre política económica

Efecto del cambio en los costos de transporte por carretera sobre el crecimiento regional colombiano

Lina María Sánchez
Revista ESPE, núm. 50, junio 2006
Páginas 98-153

Los derechos de copia de este documento son propiedad de la revista Ensayos Sobre Política Económica. El documento puede ser reproducido libremente para uso académico, siempre y cuando nadie obtenga lucro por esta reproducción y siempre y cuando cada copia incluya la referencia bibliográfica de ESPE. El(los) autor(es) del documento puede(n) además colocar en su propio website una versión electrónica del documento, siempre y cuando ésta incluya la referencia bibliográfica de ESPE. La reproducción del documento para cualquier otro fin, o su colocación en cualquier otro website, requerirá autorización del Editor de ESPE.

The Effects of Changes in Road's Transportation Costs on the Colombian Regional Growth

Lina María Sánchez*

This article was presented as the dissertation requirement for the Master in Economics at Universidad de los Andes. I wish to thank the collaboration and comments of María Teresa Ramírez, Gilles Duranton and Fabio Sánchez, who was my thesis advisor. I also thank the comments of María Constanza García, Juan Carlos Mendieta and two anonymous referees.

* E-mail: linam-sa@uniandes.edu.co

Document received 11 August 2005; final version accepted 15 March 2006.

Abstract

This paper studies the effect of changes in road's freight transportation costs on the Colombian regional growth. I found that a decrease in transportation costs increases the specialization in both the agricultural and the industrial sectors. In addition, agricultural specialization affects positively its growth rate. On the other hand, industrial specialization does not affect its growth. Moreover, changes in transportation costs have significantly affected the regional per capita growth rate, as well as firm location's decisions.

JEL Classification: O40, R41, I91.

Keywords: *transportation costs, economic growth, specialization and economic geography.*

Efecto del cambio en los costos de transporte por carretera sobre el crecimiento regional colombiano

Lina María Sánchez *

El presente artículo parte del supuesto de que al disminuir los costos de transporte de una región, la ventaja comparativa de ésta sobre las demás regiones mejora, lo que conlleva a la especialización de las regiones y al cambio en las áreas de mercado, lo cual afecta el crecimiento regional. Con base en lo anterior, el objetivo en el presente artículo es determinar el efecto de los cambios en los costos de transporte de mercancías por carretera sobre el crecimiento regional colombiano; así, se encuentra que la disminución de los costos de transporte aumenta la especialización en los sectores agrario e industrial y que la especialización agraria afecta positivamente el crecimiento de este sector. Por el contrario, la especialización industrial no tiene efecto significativo sobre el crecimiento del PIB manufacturero.

Artículo realizado como tesis de Magíster en Economía en la Universidad de los Andes; la autora agradece la colaboración y los comentarios de María Teresa Ramírez, Gilles Duranton y Fabio Sánchez, asesor de la investigación; igualmente, también los comentarios de María Constanza García, Juan Carlos Mendieta y de dos evaluadores anónimos.

* Correo electrónico: linam-sa@uniandes.edu.co

Documento recibido el 11 de agosto de 2005; versión final aceptada el 15 de marzo de 2006.

Por otro lado, 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, y la decisión de localización de las empresas es afectada por la cercanía al mercado doméstico.

Clasificación JEL: O40, R41, I91.

Palabras clave: costos de transporte, crecimiento económico, especialización y geografía económica.

I. INTRODUCCIÓN

La geografía económica es cada vez más importante en las discusiones sobre el desarrollo económico, no solamente desde el punto de vista conceptual sino con relación a la política económica. Al referirse a la 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 aquellas de mayor desarrollo y cuyas empresas son las 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 en el presente estudio es determinar el efecto de los cambios en los costos de transporte de mercancías por carretera sobre el crecimiento regional colombiano, para lo cual, se parte del hecho de que al disminuir los costos de transporte por carretera las regiones tienden a especializarse, esto es, los sectores tienen a especializarse, lo que afecta el crecimiento regional. Esto ocurre a través del cambio de las áreas de mercado de los bienes o servicios que produce cada región.

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 tiene en cuenta los cambios en los costos de transporte por carretera de una región a otras, y no la inversión en infraestructura en cada región¹. Esta metodología 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 en Colombia cuando se construyó el Puente Gustavo Rojas Pinilla en el municipio de Cajamarca, el cual no sólo benefició al departamento del Tolima, sino que comunicó a los departamentos de la zona cafetera y el Valle con Cundinamarca, entre otros. Para comprender 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 cincuenta 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, 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 éstas y su relación costo-beneficio.

Para observar mejor las relaciones entre los costos de transporte por carretera y la especialización, y de esta última con el crecimiento, el análisis empírico se divide en dos partes: en la primera, se determinan las relaciones entre los costos de transporte-especialización y especialización-crecimiento para los sectores agrario e industrial; y en la segunda, se estima la relación costos de transporte por carretera y crecimiento regional en el corto y largo plazos; en particular, para el largo plazo se utiliza información de los departamentos, y para el corto plazo la de las ciudades capitales.

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, debido a 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 período de la

¹ Véase Anexo 1, en el cual se desarrolla un modelo de crecimiento basado en los trabajos de Lösch (1957), Chandra y Thompsom (2000) sobre áreas de mercado, que involucran los cambios en los costos de transporte por carretera de una región a otras y no la inversión en infraestructura en cada región.

apertura, que tenía entre otros fines 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 territoriales².

Para aproximar los costos de transporte por carretera en el largo plazo se utilizaron las variables que lo determinan, tales 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 estas; adicionalmente, se calcula 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 los cuadros de fletes de la Federación Colombiana de Transportadores de Carga (Colfecar) y del Ministerio de Transporte.

Los principales resultados indican que la disminución de los costos de transporte por carretera ha incrementado la especialización en los sectores agrario e industrial: por su parte, la especialización agraria ha afectado positivamente el crecimiento de dicho sector; por el contrario, la especialización industrial no ha tenido efecto sobre el crecimiento del PIB manufacturero. En el estudio se concluye que los costos de transporte por carretera han tenido un efecto significativo tanto en el crecimiento del PIB per cápita 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 radica en que la lejanía de una región al centro medio de la población afecta su crecimiento negativamente.

Finalmente, los resultados sugieren que es probable que la disminución de los costos de transporte por carretera, que origina una ventaja comparativa entre regiones, haya favorecido a las regiones con mejor dotación de factores (mano de obra, servicios, infraestructura, etc.), lo cual 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 prósperas.

² 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).

El artículo consta de seis secciones, además de esta introducción; en la II, se realiza una revisión de la literatura; en la III, se presentan algunas consideraciones teóricas; en la IV se discute el modelo econométrico y la construcción de los datos. En la V, se presentan algunos hechos estilizados de la evolución de los costos de transporte en Colombia. En la VI sección se presentan los resultados, y en la última se concluye.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Adam Smith (1776) afirmaba que los países se especializarían en producir aquellos bienes sobre los que tuvieran una ventaja absoluta, es decir, que fuesen capaces de producir el mismo número de bienes aplicando menor cantidad de trabajo; no obstante, para David Ricardo (1817) todos los países se podrían beneficiar especializándose cada uno en la producción de bienes aunque no tuvieran ventaja absoluta en ellos; de esta forma, sería suficiente que tuvieran ventaja comparativa, es decir, que fuesen capaces de producirlo a un precio menor. En este sentido, el cambio de los costos de transporte por carretera influiría sobre esta última ventaja, ya que las regiones se especializarían porque el descenso de los costos de transportar bienes e insumos disminuiría los precios de los bienes que ellos producen.

Adicionalmente, para Smith (1776) la especialización estaría determinada por el tamaño del mercado; 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 puede hacer que el área de mercado aumente, debido a que el total del área de mercado ya estaba siendo abastecida por el productor antes de la disminución de los costos de transporte.

Por su parte, Lösch (1957) 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, y concluye que tanto el número de equilibrio de firmas dentro de una área como el tamaño del área de mercado de una firma dependen de los costos de transporte.

La idea de que la especialización puede llevar al incremento de los retornos, y estos, a su vez, al crecimiento económico, no es nueva, de hecho varios autores,

desde Marshall (1919), con su teoría de las externalidades, la apoyan y modelan (Romer, 1987). En el contexto regional, Combes y Lafourcade (2001) desarrollan para Francia un modelo de geografía económica para investigar si los costos de transporte son una de las causas de la especialización y de los desequilibrios regionales; con esto, encuentran una importante estructura centro-periferia, lo cual revela que existen fuertes incentivos para la concentración de la industria; además, la disminución de los costos de transporte es uno de principales incentivos para la especialización de las regiones en dicho país. De forma similar, para los Estados Unidos, los resultados de Bougheas *et al.* (2000) sugieren que el grado de especialización se encuentra positivamente correlacionado con la infraestructura.

Por su parte, Krugman (1991) encuentra que las firmas tienden a localizarse en las regiones de mayor demanda para minimizar los costos de transporte; adicionalmente, resalta el hecho de que la ubicación de la demanda en sí misma depende de la localización manufacturera, lo cual origina un proceso circular en donde la industria se localiza en el centro y la agricultura en la periferia.

También, para el caso de los Estados Unidos, Chandra y Thompson (2000) encuentran que el gasto en infraestructura motiva el crecimiento de la industria e incluso la relocalización espacial de la misma; por otra parte, Glasser y Kohlhasse (2004) indican que la reducción de los costos de transporte en los Estados Unidos 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, cabe mencionar el de Barro (1990), quien incluye dicha inversión en la función de producción de las firmas; pero, los resultados empíricos de este tipo de modelos no presentan una evidencia unívoca. Aschauer (1989a, b) incluye el capital del sector público en la función de producción agregada y encuentra un efecto significativo sobre la productividad del sector privado; resultados similares hallan Munnell (1990), Eberts (1986), García y McGuire (1992) y Sánchez (1994), este último para el caso colombiano. Por el contrario, Holtz-Eakin y Schwartz (1995) concluyen que la inversión en infraestructura entre 1971 y 1986 en los Estados Unidos tuvo un impacto insignificante sobre el crecimiento de la productividad.

Aunque para Colombia los estudios de geografía y desarrollo económico que involucran costos de transporte son muy escasos, cabe resaltar los estudios de

transporte regional orientados hacia la evaluación de proyectos de infraestructura, que se empezaron a desarrollar desde finales de la década de los sesenta (Harvard University, 1968; Netherlands Economic Institute, 1974 y Ministerio de Transporte, 1994). Entre los trabajos sobre crecimiento y convergencia regional en Colombia, Sánchez y Núñez (2000) encuentran que una de las causas por las cuales la geografía ha condicionado el desarrollo económico del país son los costos de transporte: los autores resaltan 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. De otra parte, Galvis y Meisel (2000), encuentran que la infraestructura urbana y el tamaño del mercado local son unos de los principales determinantes del crecimiento del PIB per cápita de las ciudades colombianas.

Por último, uno de los pocos artículos que relaciona el comportamiento de la industria colombiana con los costos de transporte es el de Fernández (1998): allí se enfatiza 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, con lo cual se 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 importan³.

III. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

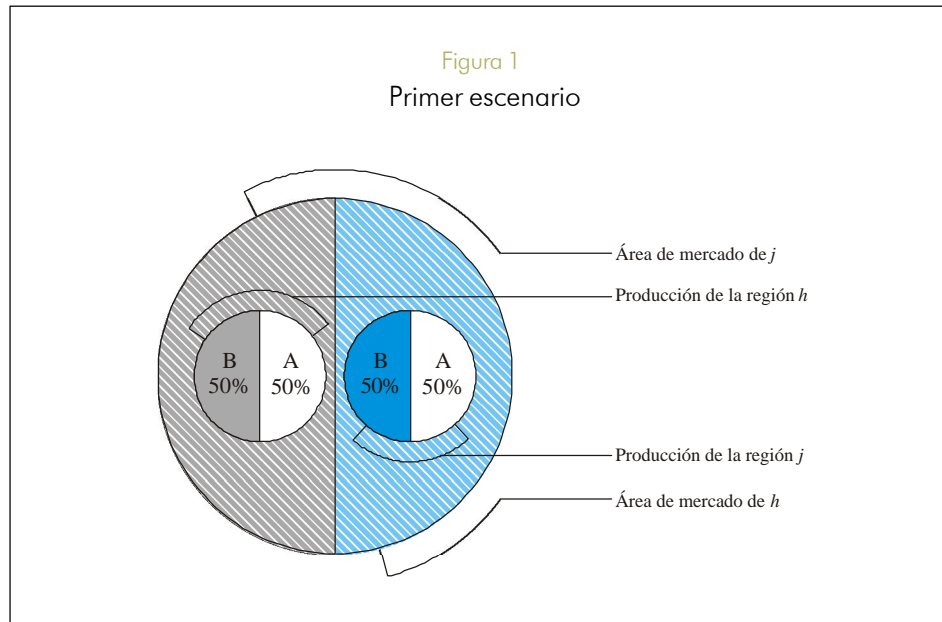
Cuando los costos de transporte son altos varias regiones producen un mismo producto, lo que ocasiona una fragmentación del mercado; así, al disminuir los costos de transporte, las áreas de mercado⁴ de las regiones aumentan para los productos que se pueden ofrecer más baratos que en las otras regiones, y disminuyen en el caso contrario.

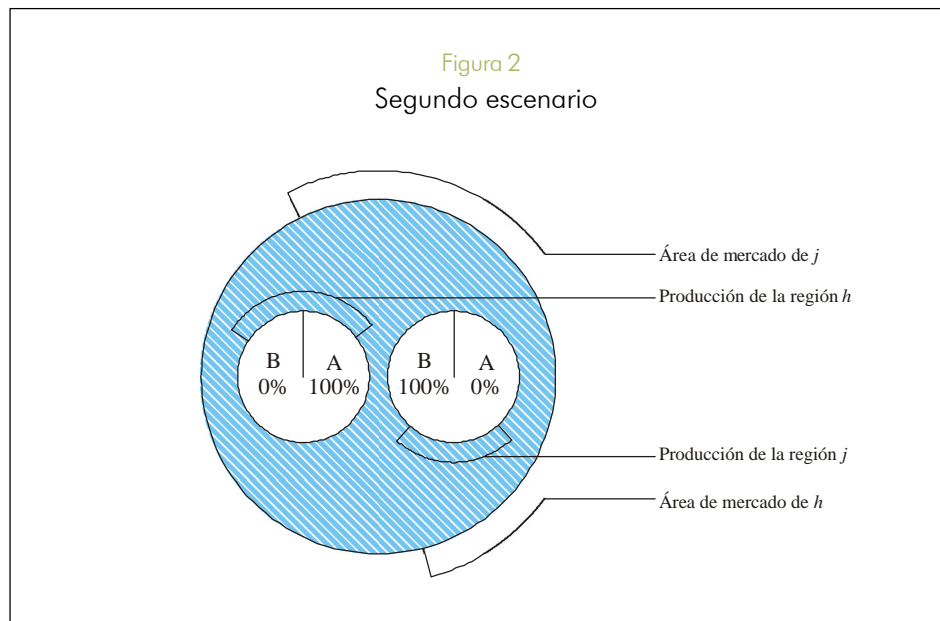
³ A diferencia de aquel trabajo, el presente artículo enfatiza en el consumo doméstico de insumos y bienes finales; sin embargo, cabe resaltar que la decisión de localización de los empresarios depende del tipo de sector y del mercado objetivo.

⁴ 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.

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 ; no obstante, la región j tiene ventaja absoluta en producir el bien A y la región h en producir 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 de ambos productos a sí misma y a su área de mercado; 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 cual es más productiva, es decir, la región j produce A y la h produce B . Cabe resaltar, 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 .

Por su parte, si las regiones no tienen ventajas absolutas entre ellas sino que ambas son igualmente productivas en la elaboración de ambos bienes, pero los costos de transporte de j son menores, esta región tiene una ventaja comparativa





sobre h ; por tanto, la región j produciría ambos bienes. De hecho, si la región h tuviera ventaja absoluta sobre j en producir ambos bienes, esta última región puede apoderarse del mercado si su ventaja comparativa es mayor a la ventaja absoluta de h .

Para entender mejor esta relación, en el Anexo 1 se desarrollan dos tipos de modelos (basados en Lösch, 1957, y Chandra y Thompsom, 2000, sobre áreas de mercado) en los cuales se relaciona el crecimiento del producto con los costos de transporte. En dichos modelos se supone que no hay especialización en la producción de un bien y por tanto dos regiones deben competir por los consumidores de dicho bien: el primer modelo es de estática comparativa⁵, donde se encuentra el

⁵ En este modelo la producción de una región aumenta al extender su área de mercado, la cual crece al disminuir los costos de transporte de dos formas: la primera, es la disminución del precio en el lugar de destino del bien final que produce ésta, región al mejorar las vías que conectan a dicha región con las demás; la segunda, es la disminución de los costos marginales debido a la reducción de los costos de transporte de los bienes intermedios e insumos. Esto hace que la región con menores costos de transporte tenga ventajas comparativas sobre las demás, ya que puede abarcar un área de mercado mayor, produciendo y transportando sus productos a unos costos más bajos.

equilibrio del mercado en función de los costos de transporte, y el segundo, basado en el primero, consiste en un modelo de crecimiento⁶.

IV. MODELO ECONÓMÉRICO Y LOS DATOS

A. MODELO ECONÓMÉRICO

Las estimaciones econométricas se basan en el modelo tradicional neoclásico de convergencia, donde el crecimiento del producto de una región j depende de los cambios en los costos de transporte por carretera desde y hacia otras regiones, como también del cambio en los costos de transporte por carretera de la competencia, es decir, de las demás regiones. Para este modelo se utiliza como variable dependiente el crecimiento del producto per cápita con el fin de controlar por 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, y la convergencia regional, por medio del logaritmo natural del PIB inicial⁷. Para las estimaciones de corto plazo se controla por la cobertura de servicios por medio de la densidad telefónica⁸.

El modelo econométrico se estima para tres períodos de tiempo: 1952-2000 (muy largo plazo)⁹, 1976-2000 (largo plazo) y 1987-2001 (corto plazo). Para los dos primeros períodos, las estimaciones se hacen a nivel departamental¹⁰, mientras que para el último se hacen a nivel de capitales¹¹; esto se debe a restricciones de información. Los períodos de largo plazo, 1952-2000 y 1976-2000, cuentan con información cada 24

⁶ En este modelo el decrecimiento de los costos de transporte por carretera de una región afecta positivamente la tasa de crecimiento del producto de dicha región; mientras el decrecimiento de los costos de transporte por carretera de la competencia la afecta negativamente.

⁷ Los modelos neoclásicos de crecimiento tienen problemas de sesgo debido a que existen muchos factores que lo determinan y es imposible controlar por todos ellos, por ejemplo la tecnología.

⁸ Cobertura bruta en secundaria = niños que están en secundaria / niños entre 11 y 17 años de edad; densidad telefónica = número de líneas instaladas / población.

⁹ Se advierte que cuando se toman períodos de largo plazo se ignora cambios estructurales, como cambios en legislaciones y choques económicos; además, no se tiene en cuenta la historia del transporte y el desarrollo de éste por carretera.

¹⁰ Los departamentos incluidos en la muestra fueron: Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Chocó, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle.

¹¹ Las capitales incluidas en la muestra fueron: Medellín, Barranquilla, Cartagena, Manizales, Bogotá, Neiva, Santa Marta, Villavicencio, Pasto, Cúcuta, Bucaramanga, Ibagué y Cali.

(años 1952, 1976 y 2000) y 12 años (años 1976, 1988 y 2000), respectivamente; por su parte, el período 1987-2001 tiene información para años impares.

Por la escasez de información para los períodos 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 cápita 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 período $t - 1$ (ecuación 1).

$$(1) \quad \text{Crecimiento PIB per cápita} \\ = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1^* \text{costos de transporte por carretera}_{t-1} \\ + \mathbf{a}_2 \ln \text{PIB per cápita}_{t-1} + \mathbf{a}_3^* \text{cobertura bruta en secundaria}_{t-1}$$

Para el período de corto plazo (1987-2001) se estiman modelos de panel de datos con efectos fijos¹², en los cuales la variable dependiente es el crecimiento del PIB per cápita entre $t - 1$ y t . A diferencia del caso de largo plazo, las variables que representan los costos de transporte por carretera son el crecimiento del flete de la región j en $t - 1$ y el crecimiento del flete promedio de las demás regiones¹³ (ecuación 2). La razón de rezagar el crecimiento de los costos de transporte es que cuando disminuyen dichos costos para una ciudad el efecto sobre su crecimiento no es inmediato.

$$(2) \quad \text{Crecimiento PIB per cápita}_j = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1^* \text{Crecimiento de los costos de transporte por carretera de } j_{t-1} + \mathbf{a}_2^* \text{Crecimiento de los costos de transporte por carretera de las demás regiones}_{t-1} + \mathbf{a}_3 \ln \text{PIB per cápita}_{t-1} + \mathbf{a}_4^* \text{Cobertura bruta en secundaria}_{t-1}$$

B. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE 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

¹² Las pruebas de Hausman, Breuch y Pagan para determinar entre efectos fijos o aleatorios están consignadas en el cuadro de las estimaciones.

¹³ Se utilizan los valores consignados en los cuadros de fletes de Colfecar y del Mintransporte.

valor comercializado y 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 (Mintransporte) publica el documento “Actualización de los costos de transporte de carga” desde 1997, donde están calculados los fletes por carretera teniendo en cuenta los costos de operación, el origen y el destino, la distancia real, el modo de transporte y el tipo de bien. Según Mintransporte, 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 y 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 con Mintransporte, el valor de los peajes no se incluye como indicador de costo, en razón de que su cálculo está determinado en pesos/ruta, lo cual impide obtener un indicador promedio. Además, para 1976 y 1988 el Ministerio y el Instituto Nacional de vías (Invías) no tienen información detallada de peajes. 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, debido a que se especializan en transportar sus productos de unas regiones a otras, haciendo que este aspecto sea independiente de la región origen o destino.

Por tanto, en general, los costos de transporte por carretera 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 éstas (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.

Teniendo en cuenta lo anterior, los costos de transporte por carretera para los períodos 1952-2000 y 1976-2000 se aproximan con las siguientes variables¹⁴:

- *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 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para los años 1952, 1976, 1988 y 2000. La variable utilizada en las estimaciones es la distancia promedio entre una capital y las demás capitales¹⁵.
- *Tipo del terreno*: se especifica a través de la variable *vías por terreno montañoso*, la cual es una variable dicótoma que toma el valor de 1 para el tercio más alto de la relación *distancia real* sobre *distancia en mapas*. Para hallar la distancia en mapas entre capitales se digitalizaron los mapas viales del IGAC para los años de estudio.
- *Proporción de distancia pavimentada*: esta variable indica la calidad de las vías y es igual a la distancia pavimentada de una ciudad, en mapas a las demás ciudades sobre la distancia, total, en mapas¹⁶; de igual forma que en los casos anteriores, en las estimaciones se utiliza el promedio entre cada capital y las demás capitales¹⁷; sin embargo, esta variable no se incluye en las estimaciones del período 1952-2000, ya que en 1952 las vías se clasificaban únicamente por jurisdicción y no por pavimentadas o sin pavimentar¹⁸.
- *Origen y destino*: debe indicar la importancia y el tamaño de las regiones. Una variable que cumple esta condición es la proporción de la población de cada departamento con relación al total de los departamentos de estudio, para lo cual, la variable utilizada es la proporción de población del

¹⁴ Al aproximarse los costos de transporte por medio de variables que lo determinan (distancia real, vías por terreno montañoso, distancia promedio a otras capitales por proporción de la población del departamento y proporción de distancia pavimentada) no se puede hacer una generalización del impacto de los costos de transporte sobre el crecimiento; sin embargo, aquí se muestra evidencia acerca del efecto que tienen dichas variables sobre el crecimiento para el caso departamental colombiano.

¹⁵ 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.

¹⁶ 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.

¹⁷ 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.

¹⁸ Lo cual es razonable debido a que en dicha época el porcentaje de kilómetros pavimentados a nivel nacional era de 6,25%, aproximadamente (Mintransporte, 1953).

departamento multiplicada por la distancia real promedio de su capital. El objetivo de esta variable es señalar cómo el tamaño del departamento aumenta o disminuye el efecto de los costos de transporte sobre el crecimiento del PIB departamental per cápita.

Además de las variables de costos de transporte, para los períodos 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*: es calculado a partir de la fórmula deducida por Converse (1949), la cual se basa en la ley de Reilly o gravitacional, e 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:

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

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, el cual localiza geográficamente el punto más cercano al total de la población¹⁹. Después de localizar este centro, se encuentra la distancia en línea recta de este punto a cada una de las capitales de los departamentos, con el fin de hallar la distancia en línea recta promedio entre el centro medio poblacional y las capitales (DLR_{cmp})²⁰.

¹⁹ Las coordenadas del centro medio de la población desde j están dadas por:

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{Población}_i * \text{Distancia } X_{ji}}{\sum \text{Población}_i} \text{ y } \bar{y} = \frac{\sum \text{Población}_i * \text{Distancia } Y_{ji}}{\sum \text{Población}_i}$$

²⁰ Por ejemplo, para 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 calcula la distancia en línea recta entre cada capital y las demás capitales, con el fin de encontrar 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 $(DLR_j - DLR_{cmp}) / DLR_{cmp}$ ²¹.

Por su parte, los costos de transporte por carretera para el período 1987-2001 se aproximan a través de los cuadros de fletes de Colfecar (1987-1995) y del Mintransporte²² (1997-2001) –por disponibilidad de información se tienen datos para los años impares–. Para cada ciudad se calcula un flete promedio como ciudad origen y como ciudad destino, en las estimaciones la variable que se utiliza es el promedio de ambos fletes.

Por último, la variable que se utiliza como *proxy* del PIB de cada capital para el período 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 PIB²³ y de los impuestos departamentales son el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Contraloría (cuya fuente primaria es la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, 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 Centro de Estudios para el Desarrollo Económico (CEDE) para los años entre 1987 y 2001 (dicha cobertura se calcula a partir del C-600). La densidad telefónica es calculada con base en información de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones²⁴.

C. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE POR CARRETERA

En esta sección se describe el comportamiento de las principales variables del modelo, para lo cual la sección se divide en dos partes: en la primera se muestra el

²¹ Para completar el ejemplo, la distancia en línea recta promedio que separa a Cartagena de las demás capitales de la muestra es 527 km, por tanto, su proporción de lejanía con respecto al centro medio poblacional es 0,59, es decir, Cartagena está 59% más lejos de las demás capitales en comparación al centro medio poblacional para 1976.

²² Es importante resaltar que estos fletes no son los reales, sin embargo, son una buena aproximación.

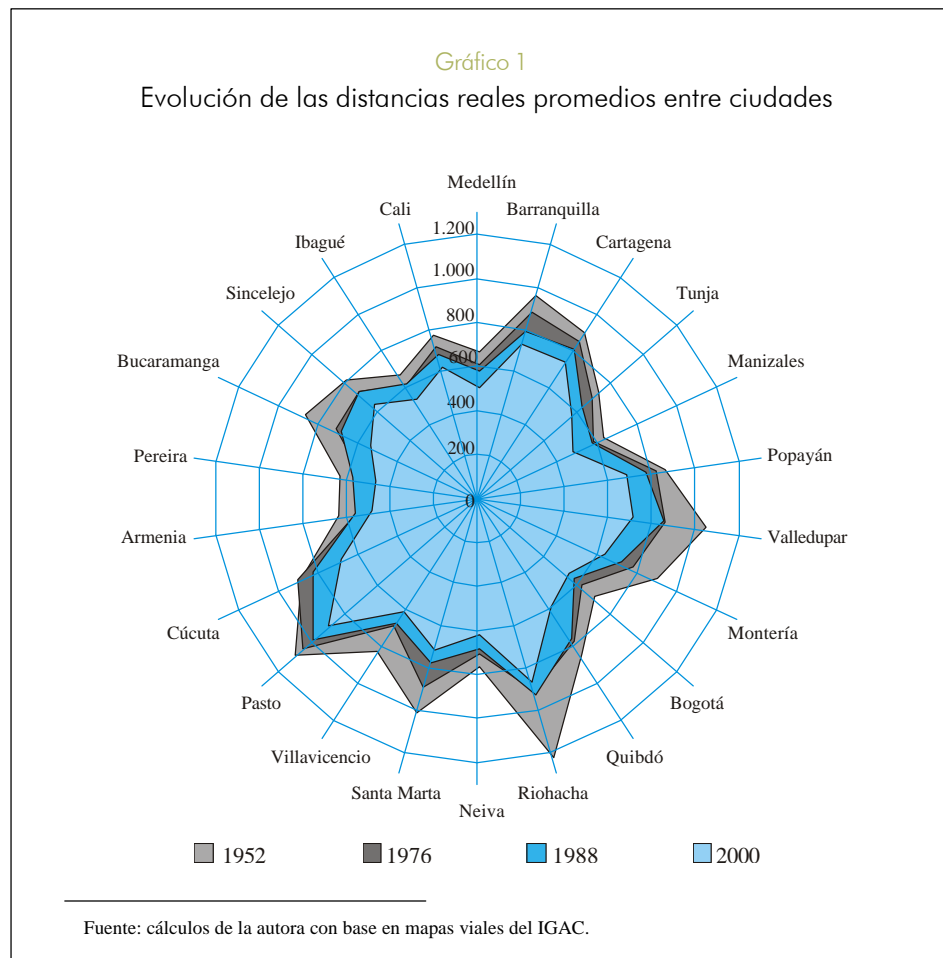
²³ Para los períodos de largo plazo los datos del PIB fueron tomados de Inandes-DNP (1977) y DANE. El PIB de 1952 se aproxima con el PIB de 1950.

²⁴ La autora pone a disposición dichos datos a quien interese.

comportamiento de las variables utilizadas para los períodos 1952-2000 y 1976-2000 (distancia real, relación distancia real-trayectoria, etc.); en la segunda se muestra la evolución de los fletes para el período 1987-2003.

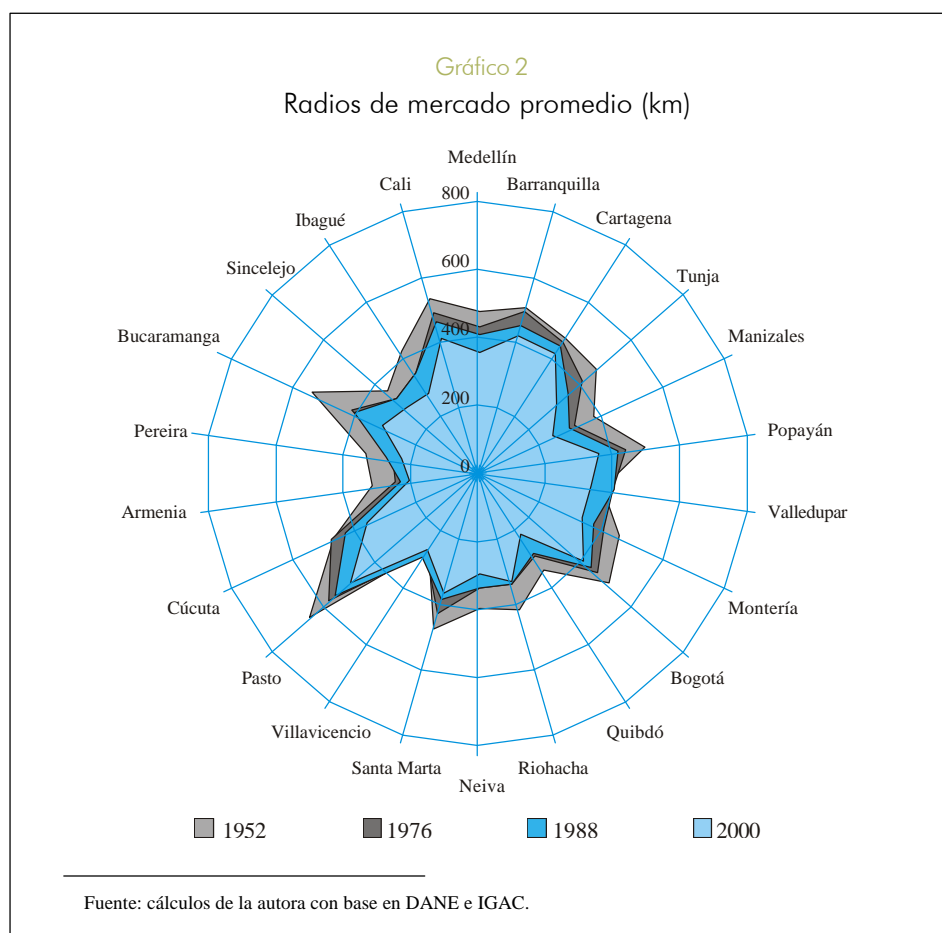
1. Períodos 1952-2000 y 1976-2000

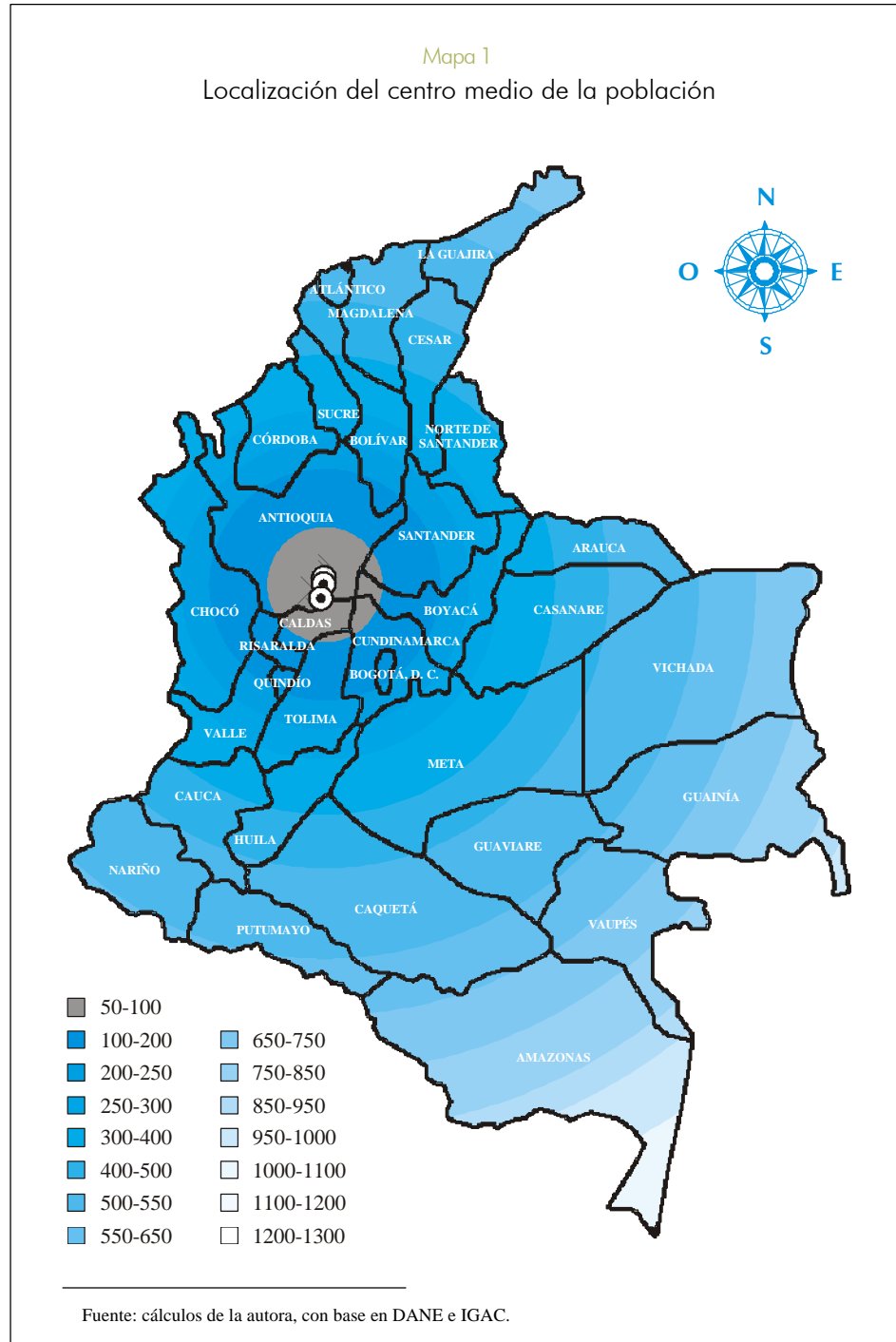
En el Gráfico 1 se muestra la evolución de la distancia promedio entre una ciudad y las demás: a partir de esta información se calcula que entre 1952 y 1976 existió una reducción de las distancias entre ciudades del 8,8%, entre 1976 y 1988 del 5,3% y



entre 1988 y 2000 del 15%; este último gran cambio se debe, en parte, a la construcción de la Troncal del Magdalena y de las transversales que la comunican.

En el Gráfico 2 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 está medida es afectada por valores extremos, como es el caso de Pasto que tiene el mayor radio de mercado debido a que está situado en un extremo del país. Para tener en cuenta este problema se encuentra el centro medio de población y la proporción de lejanía de las regiones con respecto a este centro (LCMP): el centro medio de población está localizado en la esquina suroriental de Antioquia (Mapa 1), aunque para su cálculo sólo se tienen

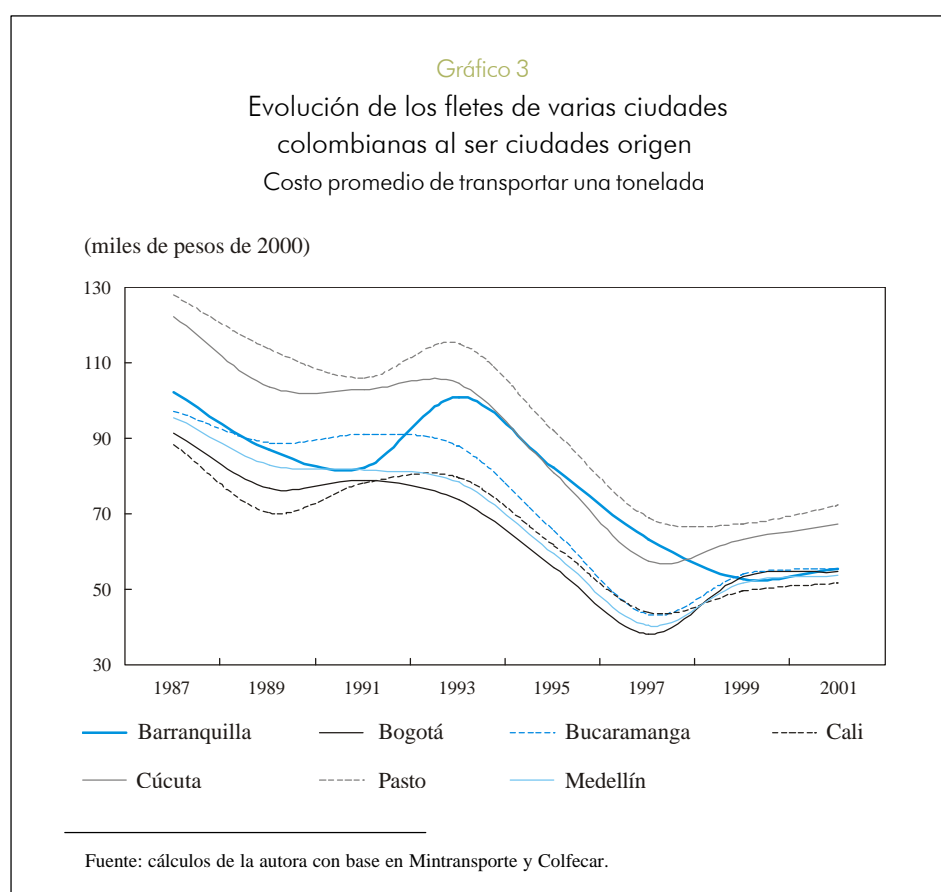




en cuenta los departamentos de la muestra, es una buena aproximación ya que los departamentos que no se incluyen en el estudio albergaban solamente el 3,7% de la población colombiana en el año 2001 (DNP).

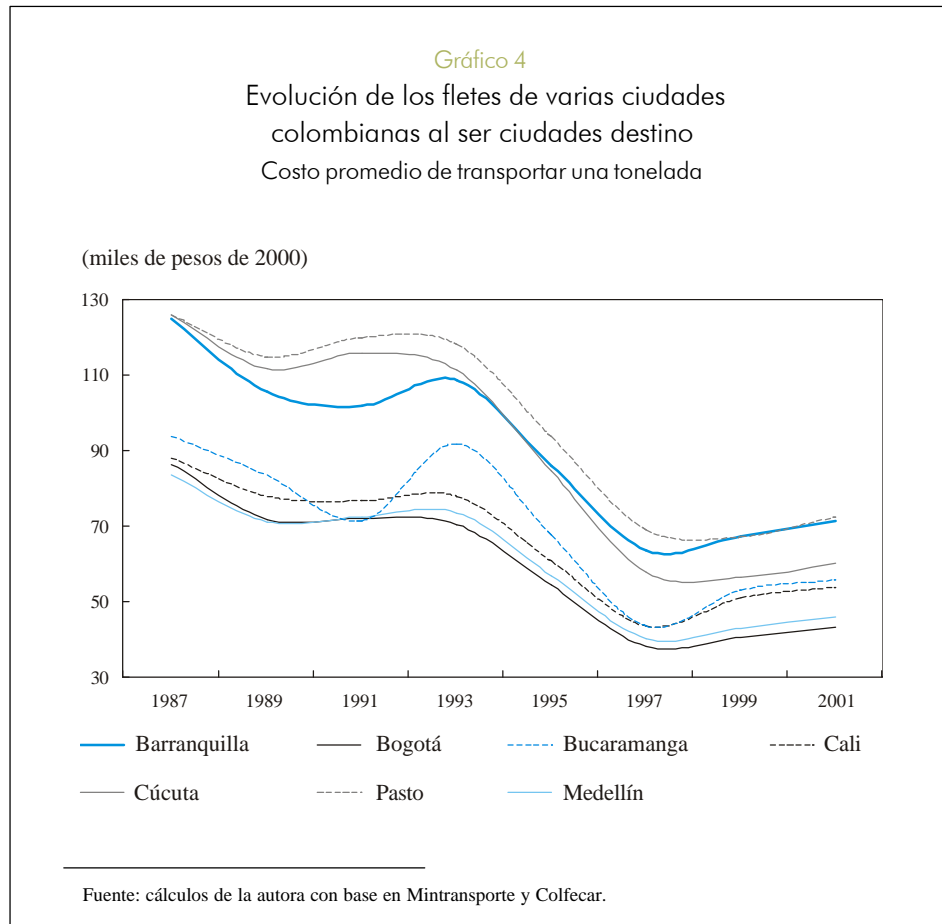
2. Período 1987-2001

En los gráficos 3 y 4 se muestran la evolución de los fletes por carretera²⁵ de varias ciudades cuando son origen y destino de carga²⁶: aquí se observa que, en



²⁵ Tomados de las tablas de fletes de Colfecar y Mintransporte.

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,



²⁶ 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.

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).

Para complementar este análisis, en el Cuadro 1 se muestra la diferencia porcentual de los fletes de una ciudad con relación a las demás para el período 1987-2003; así, de acuerdo con esto, las ciudades que se encuentran en el triángulo formado por Bogotá, Medellín y Cali tienen una ventaja comparativa con relación a las demás ciudades: por ejemplo, Pereira como ciudad origen es 16,4% más barata que el promedio de las demás ciudades, mientras Pasto es 29,3% más costosa.

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

	Como origen (porcentaje)	Como destino (porcentaje)
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
Santa Marta	15,64	26,05
Villavicencio	7,20	-2,01

Fuente: cálculos de la autora con base en Mintransporte y Colfecar.

V. HECHOS ESTILIZADOS SOBRE LOS COSTOS DE TRANSPORTE EN COLOMBIA

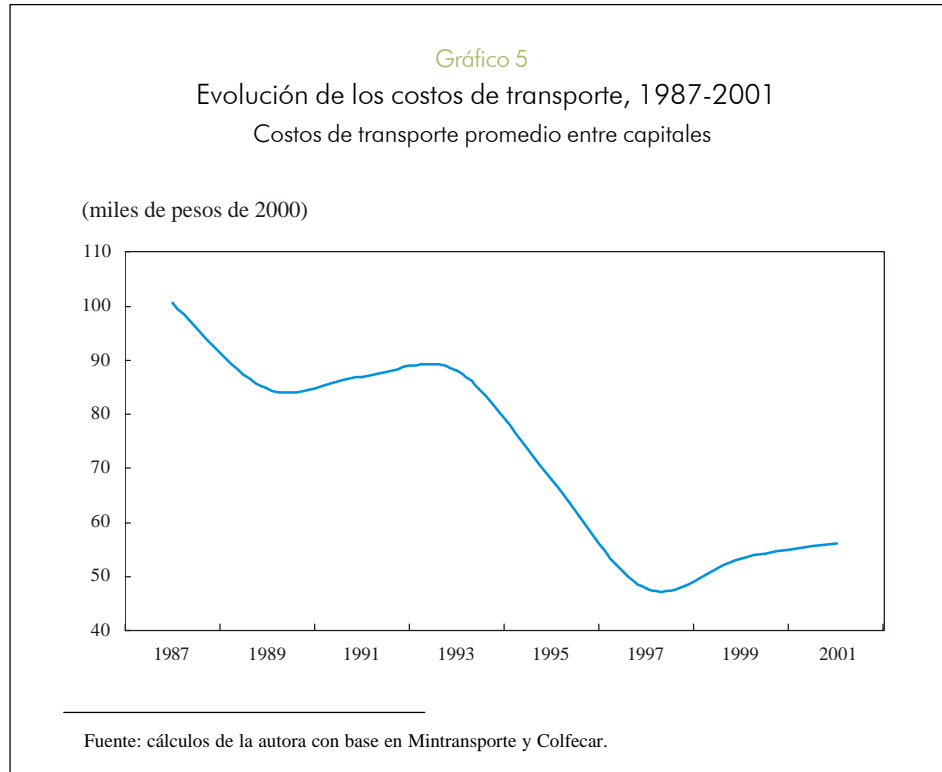
La historia económica de Colombia ha estado condicionada por la existencia de barreras geográficas, las cuales hicieron que los costos de transporte interregional fuesen altos, lo que originó un mercado doméstico fragmentado (Bushnell, 1996). De hecho, varios autores califican el desarrollo urbano colombiano hasta los años ochenta como cuadricefálico (Cuervo y González, 1998; Goueset, 1998); donde el desarrollo de las regiones cercanas a Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, se promovió alrededor de éstas.

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 1830 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 ochenta del siglo pasado antes de construir la Troncal del Magdalena, el viaje por carretera entre Barranquilla y Bogotá duraba 21 horas; actualmente, gracias a dicha troncal el viaje dura 16 horas (Mintransporte, 2004).

Por tanto, en el largo plazo la construcción de infraestructura vial influyó drásticamente en la disminución de los costos de transporte. En épocas más recientes los costos de transporte por carretera también han disminuido notablemente: en el Gráfico 5 se observa que el costo promedio de transportar una tonelada entre una capital a otra disminuyó 44% entre 1987 y 2001, disminución que puede deberse a varios factores, como el mejoramiento de la infraestructura vial en este período, el aumento de la capacidad del parque automotor de transporte de carga, la disminución de aranceles para la importación de partes de camiones y tractocamiones después de la apertura y, los avances tecnológicos.

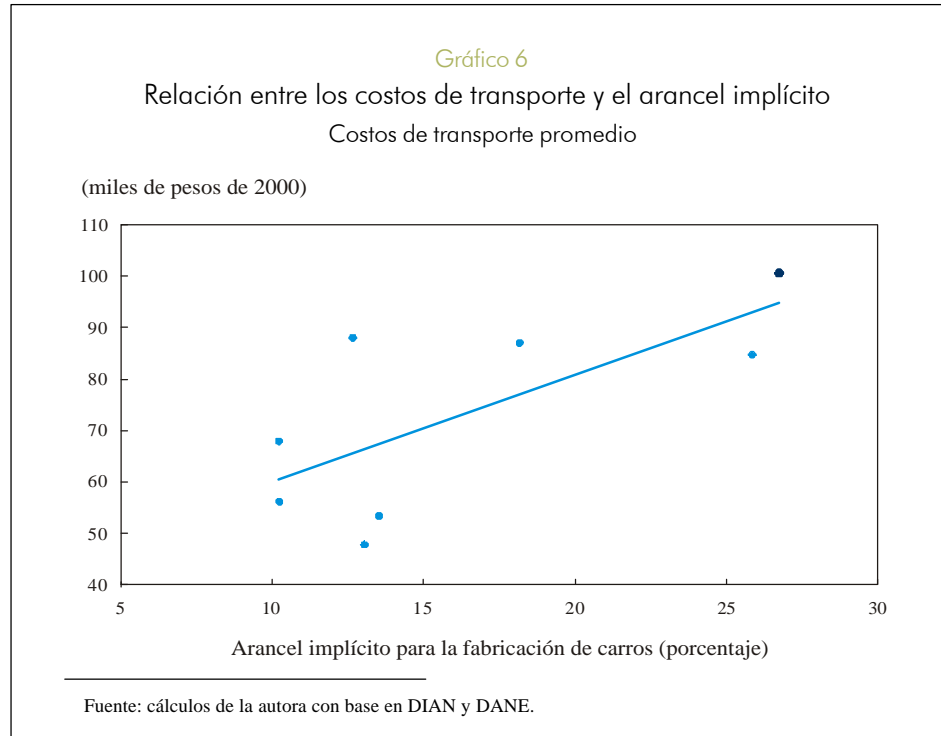
La capacidad del parque automotor aumentó considerablemente a partir de 1993, año en el cual el número de tractocamiones se incrementó en 20,18%²⁷, lo cual disminuyó los costos de transporte por carretera considerablemente, ya que el costo promedio por tonelada en un tractocamión es un 25% menor que en un camión de dos ejes

²⁷ Es importante resaltar que la capacidad de los tractocamiones en promedio es de cinco a seis veces la capacidad de un camión de dos ejes.



(Mintransporte, 2001). Para observar la relación de los aranceles con los costos de transporte por carretera 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. En el Gráfico 6 se 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 por carretera son el consumo de combustible y el mantenimiento; por ejemplo, Combes y Lafourcade (2004) encuentran que en Francia las disminuciones de los gastos en mantenimiento y gasolina entre 1978 y 1998 contribuyeron al descenso de los costos de transporte en 11,7% y 7,8%, respectivamente. Para el caso colombiano, de acuerdo con Mintransporte, 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 transporte; porcentaje que para



2001 disminuyó a 8,6%. Por otra parte, entre 1975 y 1999 el consumo de galones de gasolina por kilómetro y por cada 10.000 camiones disminuyó en 54,7%, y el de ACPM en 52,04%²⁸.

VI. RESULTADOS

A. EFECTO DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE POR CARRETERA SOBRE EL PIB A TRAVÉS DE LA ESPECIALIZACIÓN: LOS CASOS DE LOS SECTORES AGRARIO E INDUSTRIAL

Los procesos de integración económica se posibilitan gracias a la reducción de barreras físicas, las cuales impiden incrementos en el comercio. La reducción

²⁸ Cálculos de la autora con base en el Ministerio de Minas y Energía (Minminas) y en el Mintransporte.

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.

1. Especialización agraria

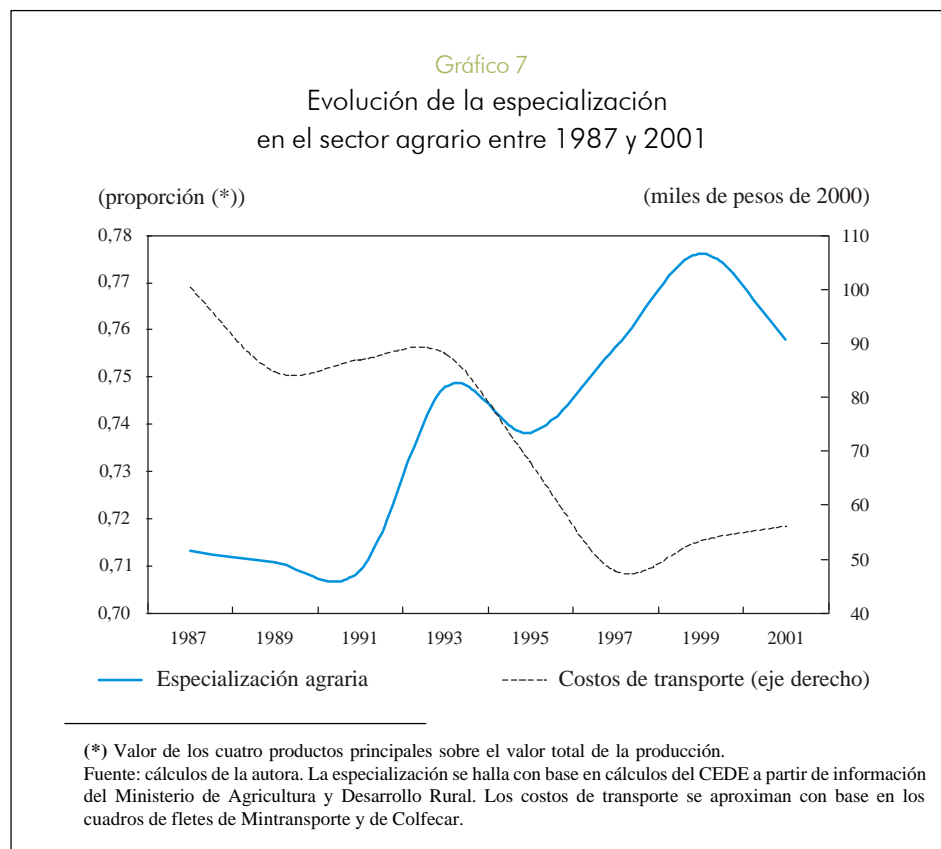
Para observar el efecto de la disminución de los costos de transporte por carretera sobre la especialización agraria, y de esta última sobre el crecimiento del PIB agrario, se construye la variable *especialización agraria*, que es igual al valor de los cuatro productos agrarios principales en cada departamento sobre el valor total de la producción agraria; por su parte, los costos de transporte se aproximan con los fletes promedio entre una capital y las demás capitales²⁹ –por disponibilidad de información el período de estudio es 1987-2001, y sólo se tienen datos para los años impares–.

En el Gráfico 7 se observa la evolución de la especialización agraria durante el período de estudio: como se observa, mientras los costos de transporte entre capitales disminuyeron 44%, la especialización agraria en los departamentos aumentó en 9%.

El efecto de los costos de transporte sobre la especialización y de ésta sobre el crecimiento del PIB agrario se determina a partir de modelos de panel de datos con efectos fijos³⁰. En la primera estimación presentada en el Cuadro 2 se observa que el efecto de los costos de transporte por carretera sobre la especialización es negativo y significativo, es decir, la disminución de los costos de transporte por carretera de una región aumenta la especialización en ésta. Por su parte, la segunda estimación indica que un aumento en la especialización incrementa el crecimiento del PIB agrario; por tanto, se puede inferir que la disminución de los

²⁹ Los departamentos incluidos en la muestra fueron: Antioquia, Atlántico, Bolívar, Caldas, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Santander, Tolima y Valle.

³⁰ Al ser las estimaciones con efectos fijos se tienen en cuenta variables como altura, erosión, temperatura, tipo de suelo, entre otras. Las cuales difieren entre regiones pero no varían con el tiempo.



costos de transporte por carretera afecta positivamente el crecimiento a través del aumento de la especialización en el sector agrario.

El Gráfico 8 se muestra el crecimiento del PIB agrario entre 1987 y 2000 para varios departamentos: como se aprecia, once de los trece 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%.

2. Especialización industrial

Con el fin de determinar el efecto de la disminución de los costos de transporte por carretera sobre la especialización industrial, y de esta última sobre el

Cuadro 2
Efecto de los costos de transporte por carretera sobre
la especialización agraria y de ésta sobre el crecimiento
del PIB agrario

Variable dependiente	Especialización	$\frac{\Delta \text{PIB sector agrario}}{\text{PIB sector agrario}_{t-1}}$
Costos de transporte rezagados ^{a/}	-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^2 dentro	0,313	0,250
Prob > F	0,000	0,000
Prueba de Hausman (Prob > χ^2)	0,000	0,001
Prueba de Breusch y Pagan (Prob > χ^2)	0,347	0,071

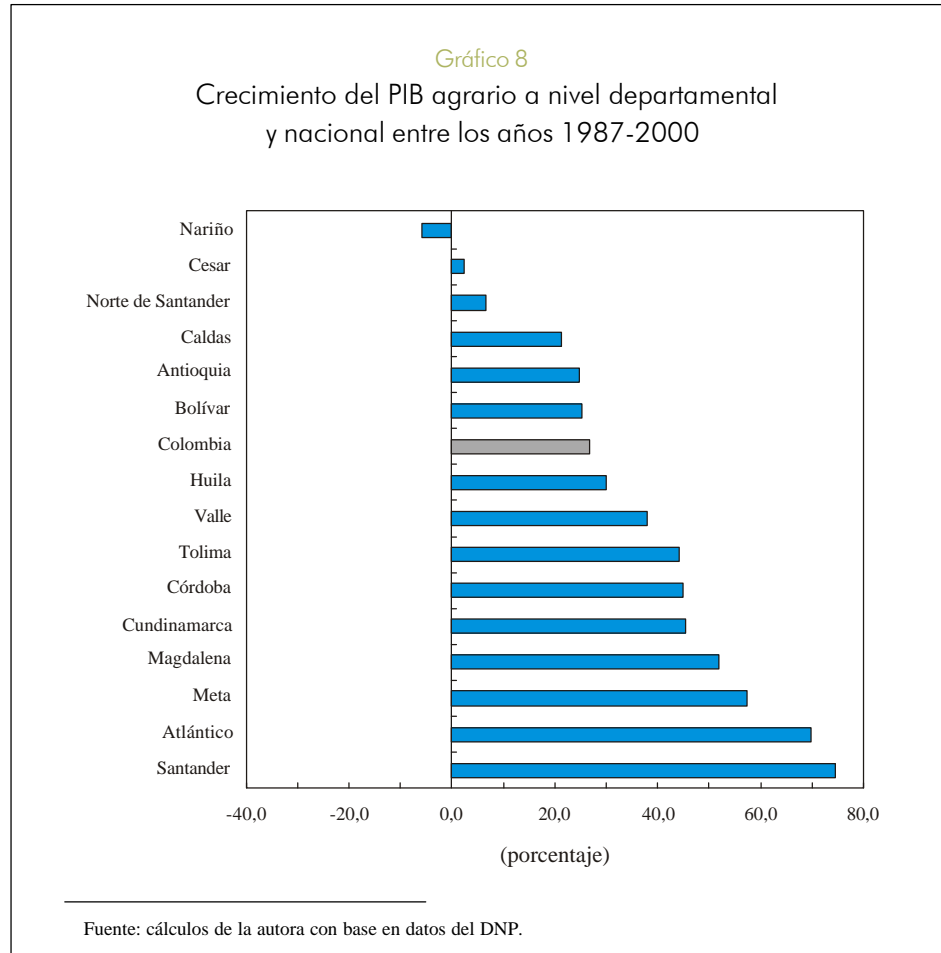
*** Significativo al 99%. **Significativo al 95%. *Significativo al 90%.

Nota: en la segunda estimación se controla por la tasa de cambio. Los valores entre paréntesis son los *t*-estadísticos.

^{a/} Los costos de transporte son aproximados por los fletes de Colfecar y del Mintransporte y están en miles de pesos.

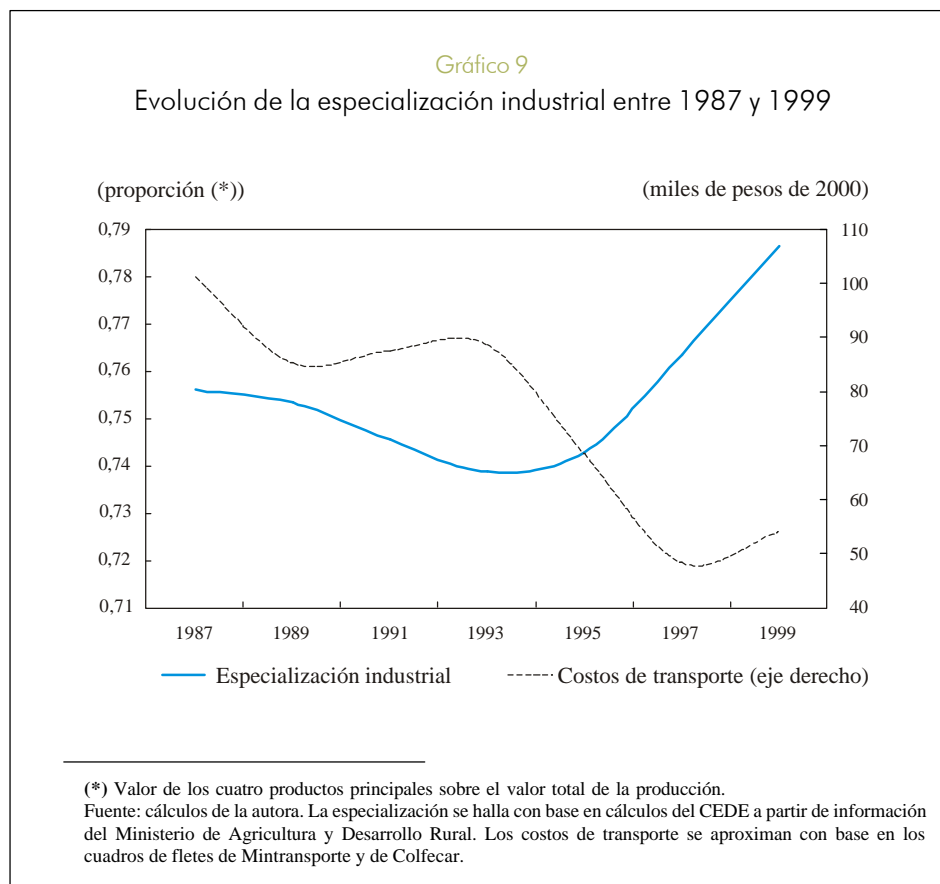
crecimiento del PIB industrial, se construye la variable *especialización industrial*, la cual es igual al valor de las cuatro actividades manufactureras principales en cada departamento, sobre el valor total de la producción manufacturera –por disponibilidad de información el período de estudio es 1987-1999, y sólo se tienen datos para los años impares–.

En el Gráfico 9 se muestra un descenso de 4% en la especialización industrial entre 1987 y 1993; por su parte, en el período 1993-1999 la especialización industrial se incrementó en 6,5%, el cual coincidió con una disminución en los costos de transporte de 39,4%.



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

Por su parte, la segunda estimación indica que un aumento en la especialización industrial no influye en el crecimiento del PIB industrial, resultado que puede



explicarse si se tiene en cuenta que la variación en los costos de transporte contribuye de manera distinta a cada región. Cuando disminuyen los costos de transporte, de acuerdo con la teoría de la especialización, las firmas se trasladan a las regiones donde pueden producir con menores costos y pueden ofrecer sus productos a precios más bajos; lo cual ocasiona que el crecimiento de las regiones sea afectado negativamente por la disminución de los costos de transporte de su competencia. Al complementar este resultado con lo observado en el Cuadro 1, donde se muestra que los costos de transporte por carretera son una ventaja comparativa de las ciudades ubicadas en el triángulo formado por Bogotá, Cali y Medellín, es posible que la disminución de los costos de transporte por carretera halla beneficiado más a las regiones centrales del país que a las periféricas.

Cuadro 3

Efecto de los costos de transporte por carretera sobre la especialización industrial y de ésta sobre el crecimiento del PIB industrial

Variable dependiente	Especialización	$\frac{\Delta \text{PIB sector industrial}}{\text{PIB sector industrial}_{t-1}}$
Costos de transporte rezagados ^{a/}	-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 ² dentro	0,2392	0,2953
Prob > F	0,0002	0,0001
Prueba de Hausman (Prob > chi ²)	0,0000	0,0002
Prueba de Breusch y Pagan (Prob > chi ²)	0,1089	0,1098

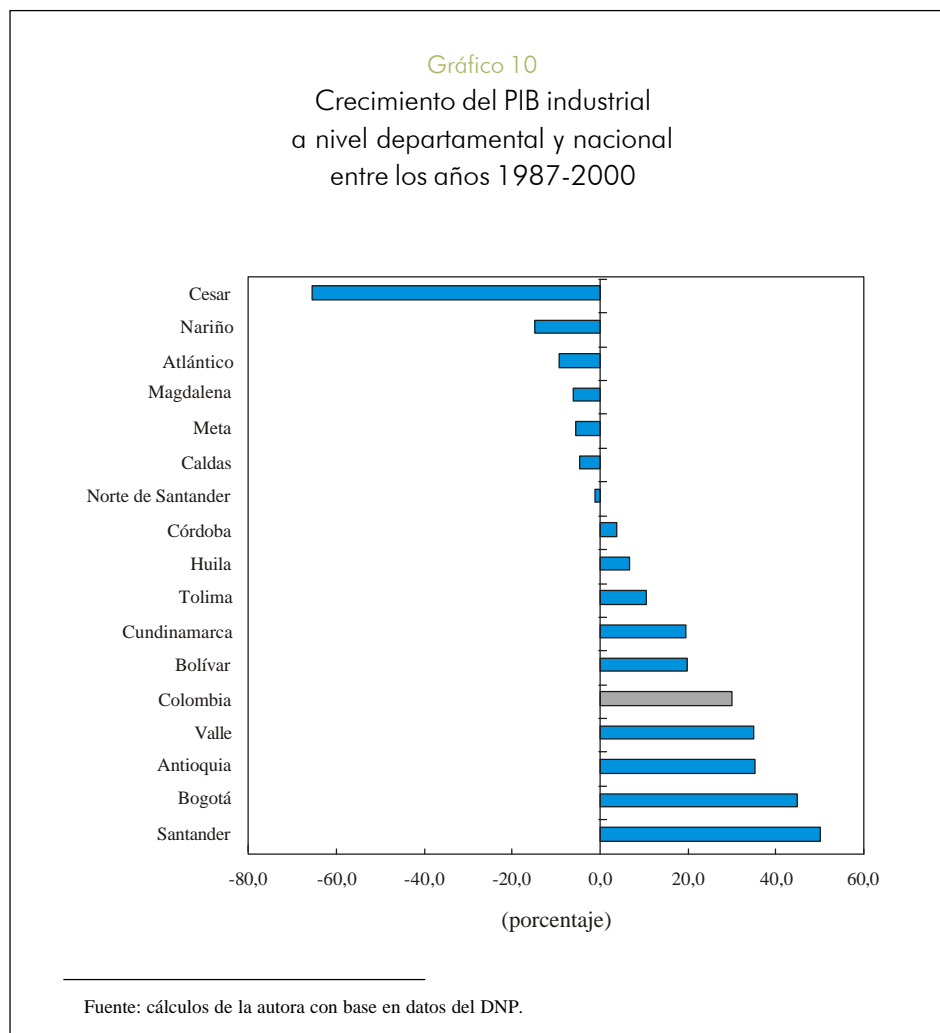
*** Significativo al 99%. **Significativo al 95%. *Significativo al 90%.

Nota: en la segunda estimación se controla por la tasa de cambio. Los valores entre paréntesis son los *t*-estadísticos.

a/ Los costos de transporte son aproximados por los fletes de Colfecar y del Mintransporte y están en miles de pesos.

Lo anterior 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 prosperas. Una conclusión similar es presentada por Esteban (1999) para el caso europeo, donde los países han tenido una tendencia clara hacia la convergencia, mientras que en las regiones ha ocurrido lo contrario. Según este autor la convergencia de los países más pobres de la Unión Europea hacia la media europea se concentra en sus regiones más ricas.

Lo anterior se ilustra en el Gráfico 10, en donde se observa que los departamentos que más contribuyeron al crecimiento industrial entre 1987 y 2000 fueron Antioquia, Bogotá, Santander y Valle; de hecho, la contribución de estas regiones al PIB



manufacturero aumentó en 7,8% durante este período. Igualmente, la información de este gráfico contrasta con la del Gráfico 9, donde el 85% de los departamentos de la muestra contribuyeron al crecimiento del PIB agrario.

La posible diferencia entre los resultados del sector agrario y manufacturero puede deberse a varias causas tales como la movilidad de los factores de producción, la existencia de retornos crecientes y el efecto de las economías de aglomeración en la industria.

**B. EFECTO DE LA DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS
DE TRANSPORTE POR CARRETERA SOBRE
EL CRECIMIENTO REGIONAL**

En esta sección se analiza la relación entre los costos de transporte por carretera y el crecimiento del PIB per cápita: en la primera parte se presentan los resultados de los períodos de largo plazo, y en la segunda los del período de corto plazo.

1. Períodos 1952-2000 y 1976-2000

Las estimaciones econométricas en los períodos de largo plazo consisten en modelos tipo *pool*, en donde la variable dependiente es el crecimiento del PIB departamental per cápita y las variables independientes son el PIB inicial per cápita, y los rezagos de las variables que determinan los costos de transporte y de la cobertura de secundaria.

Las estimaciones para el período 1952-2000 se presentan en el Cuadro 4: las estimaciones muestran que ha existido convergencia entre los departamentos en el período de muy largo plazo; por su parte, la variable de los costos de transporte, vías por terreno montañoso no es significativa, por el contrario, la distancia promedio rezagada es significativa al 90% e indica que una región *j*, que estaba 100 km 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 veinticuatro 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, lo cual se explica con mayor detalle para el período 1976-2000³¹.

En la tercera columna del Cuadro 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 el tiempo *t* un radio de mercado de 100 km 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

³¹ La variable porcentaje de vía pavimentada fue omitida de estas estimaciones debido a la falta de información.

la población (LCMP) se supone que una región j está ubicada sobre el centro medio de población. De esta forma una región h que está 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.

Cuadro 4

Efecto de los costos de transporte sobre el crecimiento departamental para el período 1952-2000 (cada veinticuatro años)

Variable dependiente $\frac{\Delta \text{ PIB per cápita}}{\text{PIB per cápita}_{t-1}}$	Estimación 1 Coeficiente	Estimación 2 Coeficiente	Estimación 3 Coeficiente
Distancia promedio ^{a/}	-0,052 * (-1,70)	-0,066 * (-1,99)	
Vías por terreno montañoso	-0,015 (-0,15)	-0,021 (-0,20)	
Distancia promedio a otras capitales ^{a/} por proporción de la población del departamento	0,349* (1,90)	0,440** (2,16)	
Radio de mercado ^{a/}			0,123* (-1,84)
Proporción de lejanía al centro medio de población (LCMP)			-0,615*** (-2,86)
Ln PIB per cápita	-0,553 *** (-4,95)	-0,496 *** (-3,99)	-0,478*** (-4,71)
Cobertura de secundaria		-0,69 (-1,04)	
Dummy año 1976	-0,135 (-1,23)	-0,353 (-1,50)	-0,180* (-1,73)
Constante	8,838 *** (5,28)	8,580 *** (5,08)	7,825 ** (-4,83)
Número de observaciones	42	42	42
Prob > F	0,0008	0,0013	0
R ²	0,4299	0,4471	0,439
R ² ajustado	0,3507	0,3523	0,378

*** Significativo al 99%. **Significativo al 95%. *Significativo al 90%.
Nota: todas las variables dependientes están rezagadas un período. Los valores entre paréntesis son los t -estadísticos.
^{a/} Las distancias están en cientos de kilómetros.

En el Cuadro 5 se presentan las estimaciones para el período 1976-2000: las estimaciones sugieren la presencia de convergencia entre los departamentos; por otro lado, el efecto de la cobertura bruta en secundaria no es significativo en este período, al igual que en el período 1952-1976.

Con relación a las variables de costos de transporte, la distancia promedio rezagada es significativa al 99%; así, 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. Lo anterior demuestra que el efecto de los costos de transporte sobre el crecimiento es considerable, 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 con estos resultados, 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 4 y 5: al tomar la primera de estas estimaciones y derivar el crecimiento del PIB per cápita con respecto a la distancia promedio se obtiene que el efecto de esta variable es $-0,103 + 0,29 * \text{Proporción de la población del departamento}$; por tanto, entre más grande sea una economía en comparación con las demás, el efecto de los costos de transporte sobre su crecimiento disminuye. Este resultado coincide con el de Galvis y Meisel (2000), quienes afirman que a nivel de ciudades el tamaño de éstas afecta positivamente el crecimiento del PIB per cápita.

Por último, la estimación 6 del Cuadro 5 muestra que el radio de mercado rezagado no tuvo efecto sobre el crecimiento en el período 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 está ubicada sobre el centro medio de población, de esta forma una región h , que está alejada de las demás regiones un 10% más que j , presenta un crecimiento inferior al de j en 7,2% en un período 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.

Cuadro 5

Efecto de los costos de transporte sobre el crecimiento departamental para el período 1976-2000 (cada doce años)

Variable dependiente $\frac{\Delta \text{ PIB per cápita}}{\text{PIB per cápita}_{t-1}}$	Estimación 4 Coeficiente	Estimación 5 Coeficiente	Estimación 6 Coeficiente
Distancia promedio ^{a/}	-0,103 *** (-3,98)	-0,090 *** (-3,25)	
Vías por terreno montañoso	-0,136 * (-1,81)	-0,146 ** (-2,03)	
Distancia promedio a otras capitales ^{a/} por proporción de la población del departamento	0,287 ** (2,21)	0,248 * (1,90)	
Proporción de vía pavimentada	0,262 (0,43)		
Radio de mercado ^{a/}			0,077 (-0,93)
Proporción de lejanía al centro medio de población			-0,723*** (-2,83)
Ln PIB per cápita	-0,593 *** (-5,15)	-0,613 *** (-5,59)	-0,590*** (-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	9,455 *** (5,62)	9,708 *** (5,85)	9,643 *** (-4,54)
Número de observaciones	42	42	42
Prob > F	0,0004	0,0002	0,001
R ²	0,4908	0,5106	0,401
R ² ajustado	0,4035	0,4267	0,336

*** Significativo al 99%. **Significativo al 95%. *Significativo al 90%.
Nota: todas las variables dependientes están rezagadas un período. Los valores entre paréntesis son los t-estadísticos.
^{a/} Las distancias están en cientos de kilómetros.

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 con Kim (1997) la divergencia entre las dotaciones de factores regionales contribuyen a la divergencia entre las estructuras industriales regionales y los ingresos regionales per cápita. Como consecuencia, 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 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 y Núñez (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 a los municipios ubicados en la periferia. Esta conclusión de Sánchez y Núñez (2000) es 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.).

2. Período 1987-2001

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

Las estimaciones del Cuadro 6 sugieren que ha existido convergencia entre las capitales durante el período 1987-2001; por su parte, el decrecimiento de los

costos de transporte por carretera de la ciudad j en 1% aumenta el crecimiento de su PIB per cápita en 0,26%, mientras el decrecimiento de los costos de transporte por carretera de las demás ciudades en 1% disminuye el crecimiento de la ciudad j en 0,003%.

Cuadro 6

Efecto de los costos de transporte por carretera sobre el crecimiento de las capitales para el período 1987-2000

Variable dependiente $\frac{\Delta \text{ PIB per cápita }^a/}{\text{PIB per cápita}_{t-1}}$	Panel 1 Coeficiente	Panel 2 Coeficiente
Crecimiento de los costos de transporte	-0,264 *** (-3,19)	-0,265 *** (-3,2)
Crecimiento de los costos de transporte de las demás regiones	0,004 *** (2,66)	0,003 *** (2,94)
Cobertura bruta en secundaria	0,114 (1,58)	
Densidad telefónica	0,487 (0,77)	
Ln del PIB	-0,761 *** (-6,02)	-0,726 *** (-5,78)
<i>Dummy</i> año 1991	-0,078 ** (-2,03)	-0,102 *** (-2,96)
<i>Dummy</i> año 1999	-0,075 * (-1,74)	-0,096 ** (-2,32)
Constante	11,631 *** (5,80)	11,329 *** (5,67)
Número de observaciones	78	78
Número de grupos	13	13
Número de observaciones por grupo	6	6
R^2 dentro	0,642	0,569
Prob > F	0,000	0,000
Prueba de Hausman (Prob > χ^2)	0,000	0,000
Prueba de Breusch y Pagan (Prob > χ^2)	0,256	0,318

*** Significativo al 99%. **Significativo al 95%. *Significativo al 90%.
 Nota: todas las variables dependientes están rezagadas un período. Los valores entre paréntesis son los t -estadísticos.
 a/ La *proxy* del PIB de cada capital es la proporción de los impuestos contribuidos por la capital a los impuestos departamentales, multiplicada por el PIB departamental.

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 años noventa se realizaron importantes obras de infraestructura vial para integrar a las regiones; no obstante, según Lotero (1998) la apertura ha tenido 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 lo anterior, 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, la Troncal del Magdalena disminuyó en cinco horas el tiempo de viaje entre Bogotá y Barranquilla. 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). Con referencia a este último aspecto, Krugman (1991) afirma que las firmas tienden a localizarse en las regiones de mayor demanda para minimizar los costos de transporte, por lo tanto, se puede decir que las empresas tienden a ubicarse en lugares donde tengan acceso a varios mercados con los menores costos de transporte.

VII. CONCLUSIONES

Los principales resultados del artículo sugieren que la disminución de los costos de transporte por carretera ha incrementado la especialización en los sectores agrario e industrial: por su parte, la especialización agraria ha afectado positivamente el crecimiento de este sector, mientras que la especialización industrial no ha tenido efecto sobre el crecimiento del PIB manufacturero. La posible diferencia entre los resultados del sector agrario y manufacturero puede deberse a varias causas: como la movilidad de los factores de producción, la existencia de retornos crecientes y el efecto de las economías de aglomeración en la industria.

Por su parte, los costos de transporte por carretera han tenido un efecto significativo tanto en el crecimiento del PIB departamental per capita 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 radica en 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 que un decrecimiento de los costos de transporte por carretera de la ciudad j en 1% aumenta el crecimiento de su PIB per cápita en 0,26%; mientras un decrecimiento de los costos de transporte de las demás ciudades en 1% disminuye el crecimiento de la ciudad j en 0,003%, resultado que es importante si se tiene en cuenta que los costos de transporte disminuyeron 44% entre 1987 y 2001.

De otra parte, es probable que la disminución de los costos de transporte por carretera, que origina una ventaja comparativa entre regiones, haya favorecido a las regiones con mejor dotación de factores, es decir, que las empresas se trasladan hacia regiones prósperas para aumentar su área de mercado o sus ganancias, las cuales presentan mayores ventajas comparativas, perjudicando el crecimiento de las demás regiones. 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, lo cual 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 prósperas.

A partir de los resultados, se podría derivar recomendaciones en dos sentidos: el primero sobre las políticas que contribuyen a la disminución de los costos de transporte, y el segundo sobre las implicaciones que dicha disminución tiene sobre la economía regional.

Recientemente, se han venido desarrollando varios programas que tienen el fin de disminuir los costos de transporte: como lo 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 de Mintransporte, 2004). Para complementar estos programas se recomienda la realización de estudios departamentales en los cuales se estudie el efecto de los costos de transporte sobre la economía de cada región, a partir de los

cuales se podrían proponer políticas para disminuir los costos de transporte a nivel regional, como aquellas que aceleren el intercambio tecnológico en el sector, tales como el otorgamiento de créditos blandos para la adopción de nuevas tecnologías, la sustitución de combustibles y la capacitación en el uso de los recursos.

La implicación más importante de la disminución de los costos de transporte se refiere a la localización industrial, 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 incrementarán.

Para investigaciones futuras sería importante realizar 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 el aumento del comercio internacional, en especial en el caso de las ciudades con desventajas geográficas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, M. (1987) “Computing Robust Standard Errors for within Groups Estimators”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 49, núm. 4, pp. 431-434.
- Aschauer, D. A. (1989b) “Does Public Capital Crowd Out Private Capital”, *Journal of Monetary Economics*, v. 24, pp. 171-188.
- ____ (1989a) “Is Public Expenditure Productive”, *Journal of Monetary Economics*, v. 23, pp. 177-200.
- Barro, R. J. (1990) “Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth”, *Journal of Political Economy*, v. 98, núm. 5, pp. 103-126.
- Barro, R; Sala-i-Martin, X. (1995) *Economic Growth*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Bougheas, S.; Demetriades, P.; Mamuneas, T. (2000) “Infrastructure, Specialization, and Economic Growth”, *The Canadian Journal of Economic*, v. 33, núm. 2, pp. 506-522.
- Bushnell, D. (1996) *Colombia una nación a pesar de sí misma*, Bogotá: Editorial Planeta.
- Castells, A.; Bosch, N. (eds.). (1999) *Desequilibrios territoriales en España y Europa*, Barcelona: Editorial Ariel.
- Colfecar (varios años) *Tablas de fletes de la Federación Colombiana de Transportadores de Carga*, Bogotá.
- Combes, P. P.; Lafourcade, M. (2005) “Transport Costs: Measures, Determinants, and Regional Policy Implications for France”, *Journal of Economic Geography*, v. 5.
- ____; _____. (2001) “Transport Cost Decline and Regional Inequalities: Evidence from France”, *CEPR Discussion Papers*, núm. 2894.

- Converse, P. D. (1949) "New Laws of Retail Gravitation", *Journal of Marketing*, núm. 14, pp. 379-384.
- Chandra, A.; Thompson, E. (2000) "Does Public Infrastructure Affect Economic Activity? Evidence from the Rural Interstate Highway System", *Regional Science and Urban Economics*; v. 30, núm. 4, pp. 457-490.
- Cuervo, L. M.; González, J. (1998) *Industria y ciudades en la era de la mundialización: un enfoque socioespacial*, Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- DANE <www.dane.gov.co>.
- Eberts, R. (1986) "Estimating the Contribution of Urban Public Infrastructure to Regional Economic Growth", documento de trabajo, núm. 8620, *Federal Reserve Bank of Cleveland*.
- Esteban, J. (1999) "Un análisis de las desigualdades interregionales en Europa: la década de los ochenta", Castells, A.; Bosch, N. (eds.), *Desequilibrios territoriales en España y Europa*, Barcelona: Ariel Economía, pp. 58-92.
- Fernández, C. (1998) "Agglomeration and Trade: The case of Colombia". *Ensayos sobre Política Económica*, núm. 33, pp. 85-122.
- García-Milà, T.; McGuire, T. J. (1992) "The Contribution of Publicly Provided Inputs to States' Economies", *Regional Science and Urban Economics*, v. 22, pp. 229-241.
- 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 República.
- Glaeser, E. y Kohlhase, J. (2004) "Cities, Regions and the Decline of Transport Costs", *Papers in Regional Science*, v. 83, num. 1.
- Goueset, V. (1998) *Bogotá: nacimiento de una metropolis*, Bogotá: Tercer Mundo Editores.

- Harvard University (1968) “An Analysis of Investment Alternatives in the Colombian Transport System”, reporte final de la mision, manuscrito.
- Holtz-Eakin, D.; Schwartz, A. (1995) “Infrastructure in a Structural Model of Economic Growth”, *Regional Science and Urban Economics*, v. 25, pp. 131-152.
- Inandes (1977) “El desarrollo económico departamental, 1960-1975”, manuscrito, Bogotá.
- Kilkenny, M. (2005) “Geography, and Agriculture, and Development”, Department of Economics, Iowa State University, documento tomado de <www.aes.ac.uk/downloads/conf_papers_04/Kilkenny.pdf>.
- Kim, S. (1997) “Economic Integration and Convergence: U.S. Regions, 1840-1987”, *NBER*, serie Documentos de trabajo, núm. 6335.
- Krugman, P. (1991) “Increasing Returns and Economic Geography”, *Journal of Political Economy*, v. 99, núm. 3, pp. 483-499.
- Lösch, A. (1957) *Teoría económica espacial*. Buenos Aires: Editorial El Ateneo.
- 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.
- Marshall, A. (1919) *Industry and Trade*, Honolulu: University Press of the Pacific (edición de 2003).
- Ministerio de Minas y Energía <www.minminas.gov.co>.
- Ministerio de Protección Social <www.minproteccionsocial.gov.co>.
- Ministerio de Transporte (2004) “Plan indicativo” <www.mintransporte.gov.co>.
- _____. *Memorias del Ministerio de Transporte*, para los años 1953 y de 1992 a 2001.

- _____. (1998 y 2001) “Actualización de los costos transporte de carga”, <www.mintransporte.gov.co>.
- _____. (2000) *Parque automotor de transporte de carga en Colombia*, <www.mintransporte.gov.co>.
- _____. (1994) “Estudio del Plan Maestro de Transporte. Sistema de transporte en Colombia: modo carreteras”, v. 3, núm. 2.
- _____. (1992) “Red Vial Nacional: principales troncales y transversales”, manuscrito.
- Munnell, A. (1990). “How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?”, A. Munnell (ed.) *¿Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Boston: Federal Reserve Bank of Boston.
- Netherland Economic Institute (1974) “Transport Study in the Area of Rio Magdalena”, informe final, manuscrito.
- Poveda, G. (1998) *Vapores fluviales en Colombia*, Bogotá: Colciencias-Tercer Mundo Editores.
- Reilly, W. (1931) *The Law of Retail Gravitation*, Nueva York: W. J. Reilly, Inc.
- Ricardo, D. (1817) *Principios de economía política y tributación*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, edición de 1997.
- Romer, P. (1987) “Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization”, *American Economic Review*, v. 77, núm. 2, pp. 56-62.
- Smith, A. (1776) *La riqueza de las naciones*, tomo I, Madrid: Editorial Alianza.
- Sánchez, F. (1994) “El papel del capital público en la producción, la inversión y el crecimiento económico en Colombia”, *Estabilización y crecimiento: nuevas lecturas de macroeconomía colombiana*, Bogotá: Tercer Mundo Editores-Fedesarrollo.
- Sánchez, F.; Nuñez, J. (2000) “La geografía y el desarrollo económico en Colombia: Una aproximación municipal”, *Desarrollo y Sociedad*, v. 46, septiembre.

ANEXO 1

MODELOS TEÓRICOS

1. *MODELO DE ESTÁTICA COMPARATIVA*

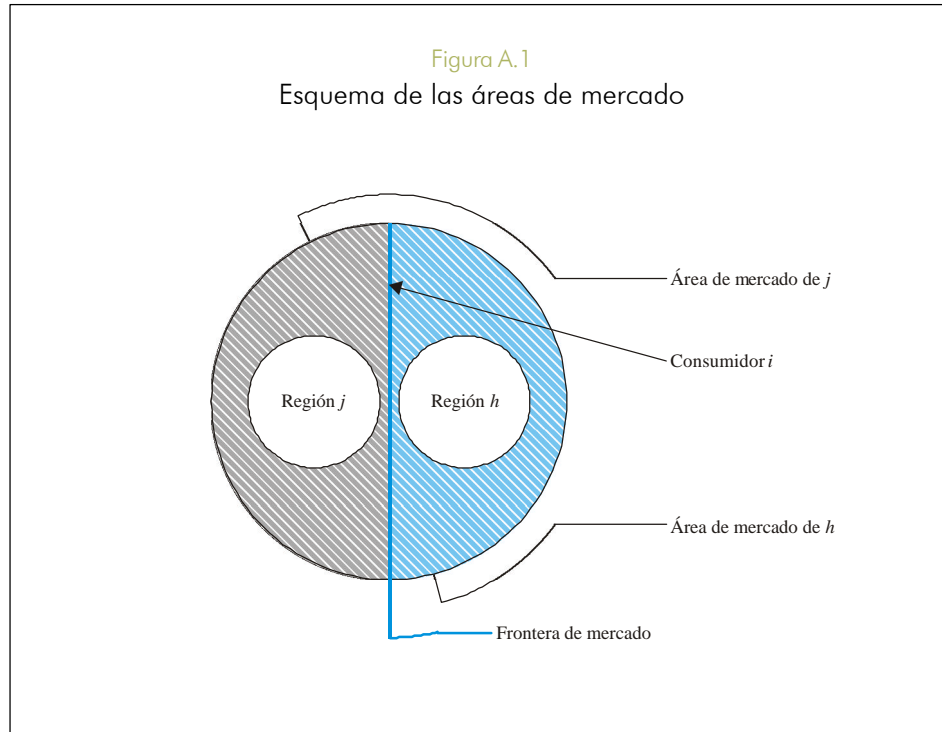
Se supone la existencia de un único bien de consumo en la economía, el bien (s)¹; adicionalmente, se asume que existen dos regiones productoras del bien final s , la región j y la región h , y las empresas dentro de cada una de estas regiones están en competencia perfecta; por último, en las regiones se producen bienes intermedios que se utilizan para la producción del bien final s .

En la Figura A.1 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).

Teniendo en cuenta lo anterior, el consumidor i está a una distancia r_{ji} de la empresa j y a una distancia r_{hi} de h , distancias que son los radios de mercado de cada una de las regiones y varían con los costos de transporte, por tanto:

¹ Este supuesto se toma para simplificar el análisis de las áreas de mercado; sin embargo, lo ideal es tomar múltiples bienes.



$$(1) \quad r_{ji} + r_{hi} = d_{jh}$$

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, por lo tanto, en la frontera de mercado se debe cumplir:

$$(2) \quad c_j + t_{ji} r_{ji} = c_h + t_{hi} r_{hi}$$

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 hacia i disminuyen. Para observar este efecto se reemplaza la ecuación (1) en la (2) y se deriva implícitamente:

$$(3) \quad \frac{\partial r_{ji}}{\partial t_{ji}} = - (c_h - c_j + t_{hi} d_{jh}) / (t_{ji} + t_{hi})^2$$

La ecuación (3) 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 encontrar 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 (q), y el segundo es 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 A.2, donde la línea continua de cada vía es r_{ji} , y se calcula como: $\bar{r}_j = \sum_i r_{ji} / V_j$.

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:

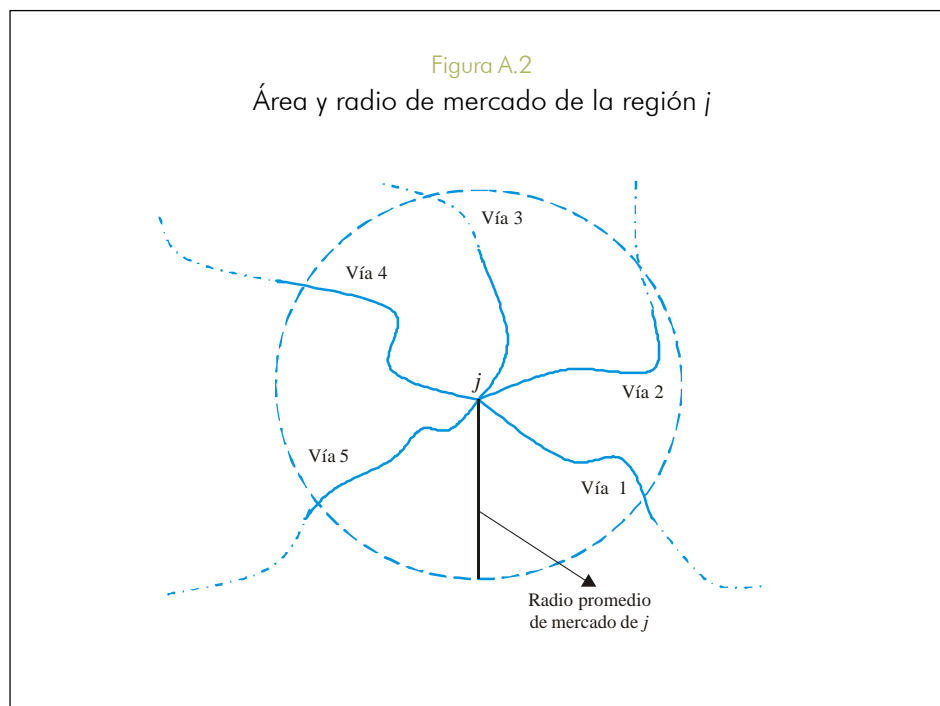
$$(4) \quad C_j = r_j q$$

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 con lo anterior las variaciones de los radios total y promedio son:

$$(5) \quad \frac{\partial r_j}{\partial t_{ij}} = \sum_i \frac{\partial r_{ji}}{\partial t_{ij}} \text{ y } \frac{\partial \bar{r}_j}{\partial t_{ij}} = \left[\sum_i \left(\frac{\partial r_{ji}}{\partial t_{ij}} \right) \right] / V_j$$

A partir de la ecuación (4) se puede hallar el cambio en la cantidad de consumidores por una mejora de la vía $j-i$: la ecuación (6) 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 :

$$(6) \quad \frac{\partial C_j}{\partial t_{ji}} = \left(\frac{\partial r_j}{\partial t_{ji}} \right) q = - \left[t_{hi} d_{jh} / (t_{ji} + t_{hi})^2 \right] q$$



1. 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:

$$(7) \quad Y_j = l^{1-a} \sum_{n=1}^N X_n^a$$

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^a 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 (1995), 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 , por lo tanto, los costos totales de las empresas son:

$$(8) \quad wl_j + \sum_{n=1}^N X_n P_0 t_{mj} \text{ donde: } t_{mj} = 1 + (D_{mj} t_{mj} / P_0)$$

donde $t_{mj} = 1$ 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:

$$(9) \quad CT_{intermedios} = X \sum_{n=1}^N D_{mj} t_{mj}$$

A partir de la ecuación anterior se puede encontrar el costo medio de transportar un bien intermedio a la región j , lo cual se especifica en la ecuación (10):

$$(10) \quad \bar{T}_j = X \sum_{n=1}^N D_{mj} t_{mj} / N * X = \sum_{n=1}^N D_{mj} t_{mj} / N$$

Con base en la ecuación (8) se halla el \bar{t} para la región j :

$$(11) \quad \sum_{n=1}^N t_{mj} = \sum_{n=1}^N [1 + (D_{mj} t_{mj} / P_0)] = N + (N\bar{T}_j / P_0),$$

por tanto: $\bar{t}_j = \sum_{n=1}^N t_{mj} / N = 1 + (\bar{T}_j / P_0)$

De acuerdo con la ecuación (11), 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:

$$(12) \quad \begin{cases} \text{Min}_{l_j, X_n} wl_j + \sum_{n=1}^N X_n P_0 t_{mj} \\ \text{s. a } Y_j = l^{1-a} \sum_{n=1}^N X_n^a \end{cases}$$

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

$$(13) \quad X_n = Y [\mathbf{a}/(1 - \mathbf{a})(w/P_0 t_{mj})]^{1-a} N^{a-2} \text{ y } l_j = Y [\mathbf{a}/(1-\mathbf{a})(w/P_0 t_{mj})]^{-a} N^{a-1}$$

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:

$$(14) \quad X_n = Y [\mathbf{a}/(1 - \mathbf{a})(w/P_0 t_{med})]^{1-\mathbf{a}} N^{\mathbf{a}^2} \text{ y } l_j = Y [\mathbf{a}/(1 - \mathbf{a})(w/P_0 t_{med})]^{-\mathbf{a}} N^{\mathbf{a}-1}$$

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

$$(15) \quad CT = YN^{\mathbf{a}-1} w[\mathbf{a}/(1 - \mathbf{a})(w/P_0 t_{med})]^{-\mathbf{a}} 1/(1 - \mathbf{a})$$

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

$$(16) \quad P_j = c_j = [w/N(1 - \mathbf{a})]^{1-\mathbf{a}} (P_0 t_{med}^j / \mathbf{a})^{\mathbf{a}}$$

$$\text{y } \partial P_j / \partial t_{med}^j = \mathbf{a} (w/N(1 - \mathbf{a}) t_{med}^j)^{1-\mathbf{a}} (P_0 / \mathbf{a})^{\mathbf{a}}$$

La ecuación (13) es la función de oferta de las empresas, la cual es elástica y depende de los costos de transporte de los insumos; así, 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.

2. 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 , y la función de utilidad está dada por:

$$(14) \quad U(C_i^s) = C_i^s$$

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:

$$(15) \quad C_{ji}^s = R_j / p_i^s$$

$$(16) \quad C_{ji}^s = R_j / (p_j^s + D_{ji} t_{ji})$$

$$(17) \quad C_{ji}^s / km = \mathbf{q} * R_{ij} / (p_j + D_{ji} t_{ji})$$

Donde p_j^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 (15) se puede describir como la ecuación (16). Al multiplicar la ecuación (16) por la densidad de población, se calcula el consumo por unidad de longitud, dicho consumo depende únicamente de la longitud por la cual están separados los consumidores y los productores (ecuación (17)).

3. 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 (18)). Para realizar este ejercicio se supone que el costo por kilómetro para transportar un bien desde j es t_j por cualquier vía.

$$(18) \quad Q_j = \int_0^{\bar{r}_j} (\mathbf{q} * R_{ij} / (p_j + D_{ji} t_{ji})) dD_{ji} = \mathbf{q} R_j / t_j (\ln (p_j + t_j \bar{r}_j) - \ln(p_j)) \\ = \mathbf{q} R_j / t_j \ln(1 + (t_j \bar{r}_j / p_j))$$

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

$$(19) \quad Q_j = (\mathbf{q} V_j R_j / t_j) \ln [1 + [t_j \bar{r}_j / (w / N(1 - \mathbf{a}))^{1-\mathbf{a}} (P_0 t_{med}^j / \mathbf{a})^{\mathbf{a}}]]$$

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.

2. *MODELO QUE RELACIONA EL CRECIMIENTO CON LOS COSTOS DE TRANSPORTE*

En este modelo los costos de transporte por carretera están representados por un factor t 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, $r_j = t_h * d_{jh} / t_j$, donde la distancia entre j y h (d_{jh}) permanece constante y los costos de transporte por carretera de j y h (t_j y t_h) varían con el tiempo. La tasa de cambio de los costos de transporte de j es v_j y de h es v_h .

Además, se supone que los costos de transporte por carretera de los insumos son iguales a los del bien final (s). Para desarrollar este modelo se debe tener en cuenta que se supone una densidad de población por km lineal, q , 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 (h) y otra que indica el crecimiento de la población en su área de mercado (m/km), esta última es la tasa de crecimiento de q . 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.

1. **El comportamiento de las firmas**

Las firmas maximizan sus beneficios, los cuales están dados por la ecuación (20). 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 (21) y (22).

$$(20) \quad P_j = P_j L_j^{1-\alpha} \sum_{n=1}^N X_n^\alpha - w_j L_j - \sum_{n=1}^N t_j P_0 X_n$$

$$(21) \quad w_j = P_j (1 - \mathbf{a}) Y_j / L_j$$

$$(22) \quad X_j = [(P_j \mathbf{a} / P_0 \mathbf{t}_j)]^{1/(1-\mathbf{a})} L_j$$

Al reemplazar las ecuaciones (19) y (20) en la función de producción se halla la oferta de la región j . Como todos los bienes intermedios son utilizados en la misma cantidad y existen N tipos de bienes intermedios, la producción de la región j está dada por:

$$(23) \quad Y_j = L_j N [P_j \mathbf{a} / P_0 \mathbf{t}_j]^{a/(1-a)}$$

Con base en la ecuación anterior se encuentra la tasa de crecimiento de la producción en la región j (ecuación 24). Donde \mathbf{h} es la tasa de crecimiento de la población de la región j y ν es la tasa de crecimiento de los bienes intermedios, lo cual representa los avances tecnológicos.

$$(24) \quad \dot{Y}_j / Y_j = \mathbf{a} / (1 - \mathbf{a}) [(\dot{P}_j / P_j) - \nu_j] + \mathbf{h} + \nu$$

La ecuación (24) 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.

2. El comportamiento de los hogares

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

$$(25) \quad \begin{cases} \text{Max} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} (c_t^{1-s} / (1-s)) L_t dt & \text{s. a} \\ \dot{B}_t = B_t r_t + w_t L_t - c_t P_{j(t)} \mathbf{t}_{j(t)} L_t \end{cases}$$

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, $1/s$ es la elasticidad de sustitución de la función de utilidad, $-s$ es la elasticidad de la utilidad marginal y ρ es la tasa de descuento intertemporal; sin embargo, como las familias ahorran acumulando bienes intermedios, entonces $B_t = NX_t$ y $\rho = P_0$. Al solucionar

el problema de los hogares se obtiene la tasa de crecimiento del consumo per cápita:

$$(26) \quad \dot{c}_t / c_t = [P_0 - (\dot{P}_{j(t)} / P_{j(t)}) - \mathbf{v}_j - \ell] / \mathbf{s}$$

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 $\mathbf{q} * r_j$, 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 $r_j = \mathbf{t}_h * d_{jh} / \mathbf{t}_j$; adicionalmente, la tasa de crecimiento de la población por kilómetro lineal es \mathbf{m} por tanto el crecimiento del consumo total en el área de mercado de j está dado por:

$$(27) \quad \begin{aligned} \dot{C}_t / C_t &= [(P_0 - (\dot{P}_{j(t)} / P_{j(t)}) - \mathbf{v}_j - \ell) / \mathbf{s}] + \mathbf{m} + (\dot{r}_j / r_j) \\ &= [(P_0 - (\dot{P}_{j(t)} / P_{j(t)}) - \mathbf{v}_j - \ell) / \mathbf{s}] + \mathbf{m} + \mathbf{v}_h - \mathbf{v}_j \end{aligned}$$

Según la ecuación anterior, el crecimiento del consumo depende positivamente del crecimiento de la población y de los cambios en los costos de transporte por carretera de la competencia. Por otra parte, el crecimiento del consumo depende negativamente del precio del bien final y de los costos de transporte por carretera 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 $Y_j = C_r$, las tasas de crecimiento del producto y del consumo son iguales; a partir de esta igualdad se despeja la tasa de crecimiento del precio, la cual está dada por la ecuación (28).

$$(28) \quad \dot{P}_j / P_j = \frac{[2\mathbf{s}\mathbf{a} - 1 + \mathbf{a} - \mathbf{s}] \mathbf{v}_j + (1 - \mathbf{a}) (P_0 - \ell) + (1 - \mathbf{a}) \mathbf{s} (\mathbf{m} + \mathbf{v}_h - \mathbf{h} - \mathbf{v})}{1 - \mathbf{a} + \mathbf{a}\mathbf{s}}$$

Para obtener la tasa de crecimiento del producto se reemplaza la ecuación (24) por la ecuación (28); de acuerdo a la expresión obtenida (ecuación 29), el decrecimiento de los costos de transporte por carretera de la región j afecta positivamente la tasa de crecimiento del producto de dicha región; mientras el decrecimiento de los costos de transporte por carretera de la competencia la afecta negativamente.

$$(29) \quad \dot{Y}_j / Y_j = \frac{[\mathbf{a} ((-2 - \mathbf{s}) \mathbf{v}_j + P_0 - \ell) + \mathbf{s} (\mathbf{m} + \mathbf{v}_h) + (1 - \mathbf{a}) (\mathbf{h} - \mathbf{v})]}{1 - \mathbf{a} + \mathbf{a}\mathbf{s}}$$

Finalmente, 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 cómo cambian los resultados; también se podría suponer que las empresas presentan rendimientos crecientes a escala, en lugar de constantes.