



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Development Experience Clearinghouse
SUBMISSION FORM

(If submitting electronically, the "comments and missing bibliographic elements" box replaces this form.)

USAID award number (contract, cooperative agreement, grant, etc.): MOBIS #GS 10F0277P, Task Order #514-TO-00-05-00300-0	
Strategic Objective (SO) title: N/A	SO number: N/A
Project title: Colombia Trade Capacity Building Support Program	Project number: N/A
Document title/translated title: Un Modelo Gravitacional Regional para la Agenda Interna / Regional Gravitational Model for the Internal Agenda	
Author(s): Colombia TCBS Consultants & Staff	
Contractor or grantee name(s): The Services Group, Inc.	
Sponsoring USAID operating unit(s):	
Language: Spanish	Publication date: 04/18/2005
Abstract (summary of most significant information, 250 word limit; optional): This work was completed in response to the following contract deliverable: At least two additional significant trade capacity building-related institutional strengthening initiatives effectively formulated and implementation initiated in sectoral areas jointly agreed upon by USAID and the GOC. The report provides a study on the impact, feasibility, cost-benefit of infrastructure projects in order to guide the Government of Colombia's investment decisions.	
Keywords (suggested terms to describe content of document; optional): Services Statistics	

Contact information for person submitting document:

Name: The Services Group, Inc.	Email:
Telephone number: 703-528-7444	Today's date: 1/24/2007

AID 590-7 (09/05)

Un Modelo Gravitacional Regional para la Agenda Interna

(Borrador para comentarios, por favor no citar)^{}*

(Abril 18 de 2005)

Carolina Lozano
Carlos Alberto Castro
Juan Sebastian Campos
DEE-DNP¹

Introducción

Dentro del marco de la Agenda Interna cuya coordinación técnica la lidera el Departamento Nacional de Planeación se han venido planteado una serie de medidas consideradas como necesarias para aprovechar eficientemente las oportunidades que ofrecen los acuerdos comerciales. De igual forma se pretende a través de la Agenda Interna definir una institucionalidad acorde con los compromisos adquiridos y acompañar a las regiones y los sectores en la preparación de sus respectivos sectores productivos para aprovechar y enfrentar los cambios que traigan estos acuerdos².

Con la anterior agenda en mente los esfuerzos de esta se han orientado en identificar un conjunto de medidas y proyectos que mejoren la competitividad en los mercados internacionales, de las regiones y sectores económicos. Los proyectos o iniciativas a identificar buscarían eliminar obstáculos que enfrente el sector productivo, así como generar las condiciones propicias para catapultar el buen desempeño de los sectores. Naturalmente aunque se identifiquen un conjunto amplio de obstáculos será necesario generar alguna forma de priorizarlos de tal forma que las recomendaciones o medidas puntuales definidas por la Agenda Interna puedan concentrar sus esfuerzos en las inversiones o proyectos de mayor retorno en términos de competitividad.

Partiendo de la base de que como resultado de las negociaciones comerciales actuales y las planilladas para el mediano y largo plazo, se esperaría una importante reducción (marginal o substancial según sea el caso) de los aranceles que enfrentan actualmente nuestros productos en los mercados internacionales. Adicionalmente, bien sea dentro de los mismos acuerdos comerciales entre países o a nivel multilateral a través de la OMC, ALCA o otras instancias, se logren reducir las barreras no-arancelarias o que a través de cooperación internacional los sectores productivos logren cumplir con los estándares internacionales, de tal forma que efectivamente se amplíe y diversifique la oferta exportadora del país. Parece ser que esta ola de acuerdos comerciales reducirían substancialmente las barreras tarifarias explícitas o implícitas que restringen los flujos comerciales, sin embargo una vez levantadas este tipo de restricciones las tasas efectivas de protección van a estar afectadas esencialmente por los costos de transporte.

De esta forma los costos de transporte y en una escala mayor la estructura logística (la disponibilidad de cadenas de servicios) encargada de llevar los productos desde el punto de producción hasta los principales mercados mundiales de consumo serán determinantes a la hora de ampliar la oferta exportadora de un país y especialmente a la hora de mejorar fundamentalmente la

^{*} Los comentarios pueden ser remitidos a Alvaro Perdomo al correo electrónico ccastro@dnpp.gov.co

¹ Se agradece la colaboración de la Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible del DNP en la construcción del balance de infraestructura departamental y de Ramiro Lopez en el procesamiento de los datos de exportaciones. Así mismo, se agradecen los comentarios de Jesus Orlando Gracia, Jaime Andres Niño, Jesus Otero, Gabriel Piraquive, Manuel Ramirez y Daniel Vaughan.

² Para conocer en detalle la orientación de la Agenda Interna, consultar el CONPES #3297 de 2004.

competitividad regional y sectorial en un país con una geografía tan complicada como la Colombiana.

Para identificar y cuantificar la relevancia de los costos de transporte y la infraestructura tienen sobre los flujos comerciales a nivel regional **y sectorial** se construyó un modelo gravitacional regional **y sectorial**.

El modelo gravitacional ha sido utilizado ampliamente en la literatura de comercio internacional por su capacidad para explicar satisfactoriamente los flujos empíricos de comercio. En su versión clásica (pero que nosotros denominaremos) estándar, el modelo indica que el flujo de comercio entre dos regiones depende positivamente del tamaño físico y/o económico de los países y negativamente de la distancia entre ellos. De esta manera, el modelo predice que el nivel de comercio será alto entre regiones de gran tamaño o de gran población y entre regiones con ingresos o ingresos per cápita altos, los cuales se aproximan típicamente a través del PIB y PIB per cápita. Además, el modelo también predice que la distancia inhibe los flujos de comercio entre dos regiones, al aumentar los costos de transporte. Usualmente, los modelos gravitacionales también incluyen variables dicótomas, que buscan reflejar características propias de los países o características que comparten los países que inciden en el comercio. Entre estas variables, unas de las más comunes son las del lenguaje y frontera, ya que se supone que una lengua común facilita el comercio, al igual que una frontera común. Otra de las variables que se suele encontrar en estos modelos es la que indica si el país cuenta con salida al mar o es una isla, ya que esta condición geográfica favorece el comercio.

Para el ejercicio a presentar y dado que se espera que la Agenda Interna tenga un importante conjunto de proyectos orientados a mejorar la infraestructura regional, de tal forma que se reduzcan los costos de sacar los productos de las regiones Colombianas a los mercados internacionales y que en general estas acciones tengan efectos positivos sobre la competitividad de las regiones, se amplió el modelo gravitacional estándar para incorporar indicadores de infraestructura regional y otras variables adicionales (institucionales, geográficas) que expliquen principalmente las diferencias entre los flujos de comercio internacional entre regiones.

El documento está estructurado de la siguiente manera. En la segunda sección se profundizará en los modelos gravitacionales especialmente en los que tratan de incorporar o hacen un análisis detallado de los costos de transporte, la infraestructura y/o el capital público. Adicionalmente se mencionarán los resultados de las estimaciones recientes de un modelo gravitacional utilizado para explorar los efectos del TLC entre Colombia y Estados Unidos (Cardenas y Garcia, 2004). En la tercera sección se hará un balance regional **y sectorial** de las exportaciones Colombianas y la relación de estas cifras con los datos de infraestructura. En la cuarta sección se presentarán los modelos gravitacionales estimados, así como unos resultados preliminares (de esta versión del documento). En la quinta sección se harán unas reflexiones a manera de conclusión.

El modelo gravitacional, los costos de transporte y la infraestructura

Aunque el modelo gravitacional se remonta a los trabajos de Isard (1954) y Tinbergen (1962) y desde entonces goza de un enorme éxito en predecir los flujos comerciales, siempre se ha cuestionado la sustentación teórica del mismo, así como también se cuestiona si el modelo está bien identificado a la hora de hacer las estimaciones. Bergstrand (1985), demuestra teóricamente que la ecuación clásica puede estar mal especificada por omitir ciertas variables relevantes de precios y sustenta empíricamente su teoría. En su ejercicio teórico, el autor plantea un modelo de equilibrio general del comercio mundial, donde los bienes se diferencian según su nacionalidad y deduce, a

partir de este modelo, una forma reducida de equilibrio parcial que resulta ser una ecuación de gravedad “general”, la cual incluye precios. La demostración del autor se basa entonces en mostrar que si se realizan algunos supuestos simplificadores y entre ellos se supone que existe sustitución internacional perfecta de bienes en consumo y producción, la ecuación de gravedad “general” se reduce a la ecuación clásica de gravedad. Por lo tanto, el autor indica que si los flujos de comercio se pueden diferenciar de acuerdo con su país de origen, la omisión de ciertas variables de precios causa un error de especificación y que por lo tanto la ecuación de gravedad “general” es más apropiada que la clásica.

Como se menciona en la introducción los diferentes acuerdos comerciales en desarrollo o ya vigentes a nivel regional y mundial, han reducido o se espera que reduzcan de manera importante las barreras tarifarias por lo que las tasas efectivas de protección de alguna manera van a estar afectadas por los costos de transporte.

Con el anterior argumento Limao y Venables (2003) estudian los determinantes de los costos de transporte y muestran que estos dependen de las características geográficas y del nivel de infraestructura de los países. Con respecto a esta última, los autores encuentran que la infraestructura es un determinante cuantitativamente importante de los costos de transporte y de los flujos de comerciales. Para realizar su ejercicio, los autores utilizan tres aproximaciones que se encuentran relacionadas entre si, pero que emplean datos diferentes. La primera, relaciona el costo unitario de transporte entre un mismo lugar de origen y diferentes destinos, con las características del viaje y con las características geográficas y el nivel de infraestructura de los países de origen y destino. La segunda metodología también busca relacionar las características del viaje, de la geografía y del nivel de infraestructura con los costos de transporte. Sin embargo, a diferencia de la metodología anterior, en este caso los autores no utilizan directamente el valor de los costos de transporte, sino que emplean el cociente cif/fob del valor de las importaciones totales de cada país. Finalmente, la tercera metodología utilizada no incluye directamente los costos de transporte, sino que utiliza un modelo gravitacional, para relacionar el valor del comercio bilateral con los determinantes del costo de transporte ya mencionados. Los resultados obtenidos a partir del modelo gravitacional, mediante los cuales se validan los resultados obtenidos en los ejercicios anteriores y se logra establecer que la elasticidad del comercio con respecto a los costos de transporte es de -2.5 . Según los autores, esta elasticidad se puede considerar alta, por cuanto sugiere que si los costos de transporte se redujeran a la mitad, el volumen de comercio podría multiplicarse por cinco.

Bougheas, Demetriades y Morgenroth (1999), también destaca el papel de la infraestructura y de los costos de transporte en el comercio bilateral. Por un lado, los autores realizan un desarrollo teórico que introduce explícitamente el costo de la formación de infraestructura dentro del modelo Dornbush-Fischer-Samuelson (1977). A través de este modelo modificado, los autores muestran que la infraestructura puede incrementar las posibilidades de comercio de los países, al reducir los costos de transporte. Concretamente, los autores encuentran que si se toman pares de países en los cuales es óptimo invertir en infraestructura, el modelo predice que existe una relación positiva entre el nivel de infraestructura y el nivel de comercio.

De otro lado, Clark, Dollar y Micco (2004), a manera de ejemplo resaltan el caso de América Latina, donde los costos de transporte entre cada país y los Estados Unidos superan en la mayoría de casos el costo impuesto por la tarifa promedio estadounidense. Dada la importancia de los costos de transporte en el comercio internacional, estos autores estudian los determinantes del costo de transporte marítimo desde diferentes orígenes hacia Estados Unidos y encuentran que estos costos se encuentran determinados por la distancia, el volumen, las características del producto y especialmente por la eficiencia de los puertos. Además de lo anterior, los autores encuentran que la ineficiencia de los puertos, se encuentra asociada a la condición general de la infraestructura del

país, entre otros. Por último, los autores estiman un modelo gravitacional con costos explícitos de transporte marítimo y encuentran bajo cuatro medidas diferentes que estos costos son un determinante significativo del valor del comercio bilateral y que un incremento de los costos de transporte del percentil 25 al 75 se traduce en una reducción de cerca de 22% en el comercio bilateral.

Recientemente dentro de la literatura nacional, Cárdenas y García (2004), utilizan un modelo gravitacional para analizar el impacto comercial que tendría la firma de un Tratado de Libre Comercio entre Colombia y Estados Unidos (TLC). En su artículo, los autores encuentran que la firma de este tratado incrementaría el comercio bilateral en un 40% y que en el caso en que no se firmara el tratado y se perdieran las preferencias arancelarias comprendidas en el acuerdo Atpdea, el comercio se contraería en un 58%. Además de este resultado principal, los autores concluyen que los costos de transporte (medidos como el cociente cif/fob a nivel sectorial) son un determinante del comercio, al encontrar que la elasticidad de las importaciones de Estados Unidos con respecto a los costos de transporte es de -0.5% , lo cual indica que una reducción de 10% en dichos costos aumentaría las exportaciones de un país hacia Estados Unidos en 5%.

Las características del comercio regional Colombiano

La evolución de las exportaciones por regiones se encuentra altamente concentrada en 5 departamentos que concentran entre el 75% y 85% de las exportaciones totales (medidas en Valores y Cantidades) del país (Tabla 1). Los cinco departamentos son Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca, Bolívar y Atlántico

Tabla 1
Valor y cantidades exportadas por regiones (1992-2002)

Departamento	1992	1996	2002	Departamento	1992	1996	2002
Total Millones de Dolares	2608	4514	5859	Miles de Toneladas Metricas	3495	5075	7533
CUNDINAMARCA.	22.7%	25.0%	34.0%	BOLIVAR.	21.5%	25.9%	20.3%
ANTIOQUIA.	23.5%	27.4%	24.4%	ANTIOQUIA.	29.7%	24.8%	19.9%
VALLE DEL CAUCA.	14.2%	14.4%	14.3%	VALLE DEL CAUCA.	12.7%	13.7%	16.9%
BOLIVAR.	9.5%	8.5%	8.4%	ATLANTICO.	13.8%	9.2%	14.1%
ATLANTICO.	8.3%	7.3%	6.3%	CUNDINAMARCA.	5.7%	7.0%	11.1%
RISARALDA.	2.0%	1.9%	2.0%	MAGDALENA.	8.9%	7.9%	6.0%
MAGDALENA.	3.5%	3.0%	2.0%	SUCRE.	2.4%	1.5%	3.6%
CALDAS.	1.5%	1.3%	1.7%	CAUCA.	2.3%	2.3%	2.1%
SANTANDER.	0.9%	0.7%	1.6%	NORTE DE SANTANDER.	0.0%	1.6%	2.0%
BOYACA.	5.9%	3.5%	1.5%	RISARALDA.	0.7%	1.5%	1.0%
CAUCA.	1.0%	0.8%	1.1%	CALDAS.	0.3%	0.7%	0.8%
BOGOTA D.C.	5.0%	3.6%	1.1%	NARIÑO.	0.0%	0.4%	0.6%
NARIÑO.	0.3%	1.2%	0.4%	LA GUAJIRA.	0.2%	2.0%	0.3%
				BOGOTA D.C.	0.8%	0.7%	0.2%

En valores inclusive se observa que se ha aumentado la concentración regional de las exportaciones en los últimos años, sin embargo por cantidades se observa todo lo contrario.

La distinción entre valores y cantidades permite resaltar el hecho de que la complicada geografía nacional, junto con los altos costos de transporte interno han generado una dinámica de localización óptima a las condiciones existentes (Figura 1). Por un lado, los departamentos costeros o aledaños a regiones costeras se han concentrado en exportar volúmenes importantes de producción, producción de bajo valor agregado seguramente asociado a explotación de recursos naturales u otros sectores primarios (estas hipótesis se esperan confirmar una vez se cruce el ejercicio regional y sectorial de los datos de exportaciones). Por el otro lado el centro, principalmente Cundinamarca, se ha

El destino de las exportaciones ha tenido cambios importantes en los últimos 10 años (Tabla 2). Indiscutiblemente Estados Unidos ha sido nuestro principal socio comercial, sin embargo a lo largo de los noventa Venezuela, Ecuador y México se convirtieron en importantes socios comerciales para Colombia, con respecto a su situación a principios de los noventa.

Tabla 2
Destino de las exportaciones de las regiones (1992-2002)

Pais	1992	1996	2002	Pais	1992	1996	2002
Total Millones de Dolares	2608	4514	5859	Miles de Toneladas Metricas	3495	5075	7533
ESTADOS UNIDOS	43.4%	32.3%	31.4%	ESTADOS UNIDOS	36.1%	37.9%	40.7%
VENEZUELA	4.3%	16.9%	17.4%	VENEZUELA	6.6%	14.2%	13.8%
ECUADOR	1.1%	9.2%	13.1%	ECUADOR	1.4%	5.1%	7.5%
MEXICO	2.3%	1.9%	5.2%	BELGICA Y LUXEMBURGO	12.6%	12.0%	7.4%
PERU	5.2%	5.8%	4.6%	PERU	6.8%	5.4%	4.7%
BELGICA Y LUXEMBURGO	5.3%	4.7%	2.8%	PANAMA	1.6%	1.0%	4.2%
CHILE	3.3%	3.4%	2.8%	REPUBLICA DOMINICANA	12.0%	6.3%	4.1%
SUIZA	0.5%	1.1%	2.8%	CHILE	3.7%	3.3%	3.3%
COSTA RICA	1.8%	1.4%	2.6%	COSTA RICA	0.5%	0.7%	2.8%
REPUBLICA DOMINICANA	1.3%	1.2%	2.5%	ALEMANIA	5.0%	2.2%	2.1%
PANAMA	4.2%	2.2%	2.3%	RUSIA	0.0%	1.7%	1.7%
ITALIA	3.3%	2.2%	1.8%	ITALIA	4.5%	2.9%	1.6%

Como nuestro principal interés es explicar las diferencias de los flujos de exportaciones regionales a partir de un balance de infraestructura de las regiones y algunos factores institucionales que podamos recoger, a continuación se presenta los principales indicadores de infraestructura que se consideran en la estimación de nuestro modelo gravitacional.

Al hacer un balance del nivel de infraestructura que tiene Colombia con respecto a países de similar nivel de desarrollo, los resultados no son alentadores. De acuerdo a un informe reciente del Banco Mundial³, el nivel de infraestructura productiva (capacidad de generación eléctrica, Km de carreteras pavimentadas, etc.) es pequeño en comparación a los países de la región y del suroeste asiático. Para el nivel de PIB per. Capita (controlando por una serie de factores económicos y geográficos) los niveles de infraestructura de Colombia en generación eléctrica, densidad del Internet, telefonía móvil y la densidad de la red vial pavimentada se encuentran muy por debajo para las características de su economía. El mayor déficit se presenta en la densidad de la red vial pavimentada, mientras que en teledensidad fija presenta el mejor desempeño.

A nivel regional se observa una dispersión importante en la mayoría de los indicadores. En densidad de carreteras es importante tener en cuenta la alta concentración de los centros urbanos y de producción con respecto al tamaño de algunas regiones tiende a afectar bastante la interpretación de este indicador, sin embargo, esto es una generalidad en los países de la región. Efectivamente, la red existente permite una conexión de los centros de producción especialmente los localizados en el centro del país con las costas sin embargo, para el caso de mejorar la competitividad externa de las regiones puede ser más relevante factores como la calidad de las vías y la infraestructura de transporte, sin olvidar la necesidad de interconectar adecuadamente los núcleos de producción inter e intra-departamentales que quizás sea el único elemento que recoja la variable. Al examinar el indicador de la calidad de las vías parece concentrarse de una mejor forma en los centros de producción relevantes del país y se esperaría que tenga una mayor relevancia en explicar las diferencias en los flujos comerciales que el anterior indicador. La teledensidad cuyos datos son los de mejor calidad (ya que es posible tener la evolución a lo largo de todo periodo de tiempo), sin embargo la consideración de este como un factor relevante para la infraestructura productiva pierde relevancia en la medida en que la telefonía celular le ha restado relevancia geográfica a la telefonía

³ REDI (2004), Main Report.

fija. Adicionalmente las políticas de expansión de este tipo de infraestructura pueden estar orientadas prioritariamente a garantizar un nivel de acceso que busque cumplir objetivos sociales por encima de otros criterios. Las tarifas de energía se encuentran dentro de los niveles promedio de la región e inclusive se puede estar sobre estimando el precio ya que se esta dejando por fuera el mercado no regulado que tiene la opción de pactar sus tarifas de acuerdo a la demanda, tarifas que generalmente están por debajo de las reportadas que pertenecen al sector industrial regulado.

Tabla 2
Balance de Infraestructura Regional

Departamento	Km Carreteras/1 / Area	Km Carreteras Pavimentada / Total	Lineas Telefonicas x hab /2	Tarifa de energía US\$ K/h /3
BOGOTA D.C.	9.732	51.2%	0.392	0.049
QUIINDIO.	0.088	100.0%	0.182	0.030
ATLANTICO.	0.083	100.0%	0.110	0.046
RISARALDA.	0.071	63.5%	0.197	0.034
CAUCA.	0.046	34.1%	0.066	0.041
BOYACA.	0.044	57.6%	0.097	0.040
SANTANDER.	0.041	70.3%	0.170	0.046
HUILA.	0.041	54.2%	0.169	0.048
CALDAS.	0.039	100.0%	0.156	0.047
CUNDINAMARCA.	0.033	83.8%	0.124	0.033
CESAR.	0.031	76.8%	0.038	0.048
VALLE DEL CAUCA.	0.030	100.0%	0.204	0.044
MAGDALENA.	0.028	59.8%	0.050	0.045
NRTE SANTANDER.	0.027	67.1%	0.104	0.057
SUCRE.	0.025	67.8%	0.055	0.047
ANTIOQUIA.	0.024	91.3%	0.241	0.036
TOLIMA.	0.023	100.0%	0.202	0.047
NARIÑO.	0.023	80.6%	0.058	0.048
CORDOBA.	0.023	87.0%	0.059	0.029
BOLIVAR.	0.020	93.3%	0.084	0.039
CASANARE.	0.017	82.7%	0.106	0.060
LA GUAJIRA.	0.017	86.4%	0.041	0.031
PUTUMAYO.	0.017	15.7%	0.037	0.062
META.	0.011	49.8%	0.156	0.028
CHOCO.	0.006	10.2%	0.039	0.074
CAQUETA.	0.005	71.0%	0.063	0.063
SAN ANDRES			0.164	
ARAUCA.			0.060	0.083
AMAZONAS.			0.055	
GUAINIA.			0.024	
VAUPES.			0.016	
GUAVIARE.			0.015	0.044
VICHADA.			0.008	
Promedio	0.033	71.3%	0.107	0.046
Desv. Stdar	0.021	25.0%	0.083	0.013

1/ Red vial nacional por regiones, INVIAS 2002.

2/ Telefonía local, 2002

3/ Tarifas de Energía al sector Industrial regulado por regiones, CREG 2003

Por ultimo se intento incorporar dentro del análisis regional algunas variables que recogieran las diferencias institucionales a nivel empresarial que puedan explicar un mayor esquema de incentivos o disponibilidad de herramientas en el ámbito regional para buscar y alcanzar proyectos exportadores sostenibles. Se utilizo en este caso un conjunto de variables construida por la CEPAL⁴ para crear un escalafón de competitividad de los departamentos en Colombia. Dentro de los indicadores construidos en el anterior trabajo se utilizo el ranking de Gestión Empresarial y Recurso Humano construido para los departamentos.

⁴ Escalafón de Competitividad de los Departamentos en Colombia, Informe Final, Oficina de la CEPAL, diciembre de 2002.

Una serie de modelos gravitacionales para la agenda interna

Siguiendo el ejercicio gravitacional de Limao y Venables (2003), principalmente, así como algunos aspectos adicionales de la otra literatura mencionada anteriormente el objetivo del siguiente ejercicio es estimar un modelo gravitacional estándar aumentado por infraestructura. Siguiendo las recomendaciones de Bergstrand (1985) el modelo estándar del que se parte incluye una variable de precios que se construye a partir del índice de tasa de cambio real bilateral entre Colombia y sus principales socios comerciales. El modelo gravitacional ampliado utilizado en las estimaciones, tiene la siguiente estructura:

$$E_{i-j,t} = \alpha_0 (PIB_{j,t})^{\alpha_1} (PIB_{i,t})^{\alpha_2} (Dist_{i-j})^{\alpha_3} (Inf_j)^{\alpha_4} (Inf_i)^{\alpha_5} (Inst_i)^{\alpha_6} (Exch_{j,t})^{\alpha_7} \exp(u_{i-j,t})$$

Donde $E_{i-j,t}$ son las exportaciones (en millones de dólares FOB o miles de toneladas métricas) del departamento i al país j , en el momento t ; $PIB_{j,t}$, $PIB_{i,t}$ son los respectivos productos del departamento y el país; $Dist_{i-j}$ es la distancia radial entre la ciudad capital del departamento y el respectivo país; Inf_j es un indicador de la infraestructura del país; Inf_i es un indicador de la infraestructura del departamento; $Inst_i$ es un indicador de desarrollo institucional en el departamento; $Exch_{j,t}$ es la tasa de cambio real, bilateral entre Colombia y su socio comercial.

Al expresar la ecuación del modelo de gravedad en logaritmos tenemos,

$$\ln(E_{i-j,t}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(PIB_{j,t}) + \alpha_2 \ln(PIB_{i,t}) + \alpha_3 \ln(Dist_{i-j}) + \alpha_4 \ln(Inf_j) + \alpha_5 \ln(Inf_i) + \alpha_6 \ln(Inst_i) + \alpha_7 \ln(Exch_{j,t}) + u_{i-j,t}$$

El anterior modelo gravitacional se estima con información de los flujos de exportaciones de los departamentos desde 1992 a 2002 (información anual). Se eliminaron las partidas de exportaciones que por las características de su explotación tienen infraestructura propia (Petróleo, Carbon, Nickel), también se eliminó el Café porque por cuestiones del registro de origen, la partida no contiene el departamento de origen. Únicamente se considera la información cuyo medio de transporte se Marítimo, Aéreo o Terrestre (Tabla 3).

Tabla 3
Distribución de la información de Exportaciones según modo de transporte

Exportaciones	Maritimo	Aereo	Terrestre
Total Millones de Dolares	43.2%	35.8%	17.2%
Miles de Toneladas Metricas	82.5%	3.5%	11.6%

Siguiendo a Limao y Venables (2000) el índice de infraestructura para la región o país k se construye de la siguiente forma⁵

$$Inf_k = \left(\frac{km_carretera + densidad_tel + \%_carretera_pavimentada}{3} \right)^{-0.3}$$

⁵ En Limao y Venables (2003) el índice de infraestructura se eleva a -0.3. El supuesto detrás de esto es que la infraestructura I es un factor exógeno de la función de producción de los servicios de transporte. Suponiendo que es una función de producción Cobb-Douglas entonces la función de costos es: $T = \phi I^{-\chi/(\alpha+\beta)}$; Si existen retornos a escala constante entonces $\chi = 0.3$. Este parámetro implica que el costo de transporte por km de la infraestructura más pobre es aproximadamente 10 veces superior a el mejor nivel de infraestructura.

En las estimaciones se trabaja con el inverso del índice de tal forma que un aumento en el indicador este asociado a un aumento en los costos de transporte. Adicionalmente en nuestra estimación se elimina los Km de vías férreas y se introduce al índice de manera (no inversa) la tarifa promedio de energía en la industria US\$ K/h. En las estimaciones se utiliza el indicador agregado de infraestructura, así como los indicadores que lo componen.

Adicionalmente se incluyen 2 variables $Aero_i, Port_i$, que recogen para cada departamento el número de aeropuertos internacionales y puertos, respectivamente. La variable de puertos juega un papel doble al combinar una ventaja geográfica (que el departamento tenga una salida al mar) junto con el hecho de que adicionalmente posea la infraestructura portuaria para aprovechar su posición geográfica.

La variable institucional gestión empresarial pretende distinguir si las habilidades organizacionales del empresariado de la región están orientadas hacia la globalización. La gerencia, como factor de competitividad, está compuesta por cuatro subfactores: (i) la productividad, que mide la capacidad de producir eficientemente con los factores que posee la empresa; (ii) el costo laboral que evalúa el efecto del factor trabajo dentro de la estructura de costos de las empresas; (iii) el desarrollo corporativo, que indaga sobre la capacidad que tiene la alta gerencia en el desenvolvimiento con su entorno; y (iv) la eficiencia administrativa que muestra como el empresario utiliza nuevos recursos y herramientas gerenciales para lograr un mejor desempeño.

La variable institucional recurso humano pretende recoger el factor del capital humano como factor de desarrollo. Entre los elementos evaluados para medir el capital humano incluyó los niveles de escolaridad, la capacitación, la experiencia laboral, los movimientos migratorios, el nivel de salud, la atención a la niñez, la adquisición de información y las actitudes y valores que afectan las decisiones empresariales.

Por ultimo siguiendo a Bergstrand (1985) se incorporo a la estimación el índice de tasa de cambio real bilateral entre Colombia y los países que se encuentran en la muestra. El ITCR se construye de la siguiente forma:

$$Exch_{j,t} = \left(\frac{e_{Col-j,t} P_{j,t}^*}{P_{Col,t}} \right)$$

La tabla 6 y 7 presenta los resultados de la estimación del modelo gravitacional estándar y el modelo aumentado por infraestructura, utilizando como variable dependiente las exportaciones en valores (millones de dólares) y cantidades (miles de toneladas), respectivamente.

La estimación del modelo gravitacional estándar (ecuación 1,7) tiene los signos esperados, aunque revela una mayor importancia del PIB departamental (región de origen) que el PIB del país (región de destino). El coeficiente que indica la elasticidad del comercio con respecto a la distancia es -1.35 (valor) ⁶ y -2.01 (cantidad) ⁷ e indican que dejando todo lo demás constante un incremento en 1% en la distancia reduce el comercio entre los departamentos y países en un 1.35% y en 2%, respectivamente. El índice de tasa de cambio tiene el signo esperado ⁸ y es igual de importante para explicar los flujos comerciales como lo es la distancia.

⁶ En adelante (valor) quiere decir el resultado de la estimación cuando se utiliza como variable dependiente las exportaciones en millones de dólares.

⁷ En adelante (cantidad) quiere decir el resultado de la estimación cuando se utiliza como variable dependiente las exportaciones en miles de toneladas.

⁸ Una devaluación real incrementa el flujo comercial de Colombia hacia sus socios comerciales.

En la estimación del modelo gravitacional aumentado por infraestructura (ecuación 2,8), se destaca el papel de la infraestructura del departamento, ya que los coeficientes son significativos y tienen el signo esperado a diferencia de la infraestructura del país de destino. La introducción de la variable de infraestructura reduce el efecto de los coeficientes de ingreso (PIB); situación que está asociada a que los departamentos con mayor ingreso generalmente tienen mejor infraestructura y por lo tanto menores costos de transporte. Sin embargo, el hecho de que el indicador de infraestructura esté asociado a los costos de transporte no es muy claro ya que la introducción de esta variable no parece afectar profundamente a la variable proxy de costos (la distancia).

Al desagregar los indicadores de infraestructura (ecuación 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13) se encuentra que la teledensidad parece guardar una relación 4 veces más fuerte que las carreteras en la dinámica de las exportaciones, mientras que el coeficiente de calidad de las carreteras y los precios de la energía no son estadísticamente significativos.

Igualmente, es importante a nivel regional la geografía + infraestructura para explicar el comercio como lo refleja la variable de puertos. El coeficiente que indica la elasticidad del comercio con respecto a existencia de un puerto en un departamento con salida al mar es 1 (valor) y 2.15 (cantidad) e indican que dejando todo lo demás constante la existencia del puerto aumenta el comercio entre los departamentos y países en un 1% y en 2%, respectivamente.

Los resultados permiten calcular una elasticidad del comercio con respecto a los costos de transporte (utilizando como proxy la distancia radial entre las ciudades capitales) entre -1 a -2, de acuerdo si se utiliza el valor o la cantidad exportada como variable dependiente. Es decir, que si los costos de transporte se redujeran a la mitad, el volumen de comercio podría ser dos veces o cuatro veces mayor. Sin embargo, este costo es igual para todos los departamentos, según se encontró a partir de una versión del modelo estimado mediante la metodología SUR (seemingly unrelated regression)⁹. Aunque resultó ser la única variable que se comportaba de esta manera. Este resultado indica que la distancia de la capital del departamento y la capital del país de destino no es una proxy adecuada de los costos relativos que enfrenta cada departamento para sacar sus productos al mercado internacional o por lo menos para ubicarlos en los principales puertos del país.

El factor institucional de gestión empresarial –CEPAL - es relevante para el comercio y tiene una elasticidad entre 0.7 y 1.4, sin embargo el factor de recurso humano no resultó ser estadísticamente significativo.

En la estimación del modelo potencial de comercio (Tabla 8 y 9) utilizando un modelo Tobit, no se observa ningún cambio significativo con respecto a la estimación inicial.

Por otro lado, la teledensidad es la única variable, dentro de los indicadores de infraestructura, para la cual se tiene una serie tipo panel a nivel de departamento y país. Se utilizó esta variable para re-estimar el modelo de efectos fijos y aleatorios mencionado al comienzo (Tabla 10 y 11). El único cambio significativo que se observa es que la elasticidad de la teledensidad a la dinámica de las exportaciones es mucho menor que la inicialmente estimada; -3.58 (solo considerando el efecto inicial entre departamentos, Tabla 5 ecuación 9), -1.22 (controlando por el efecto dentro de un mismo departamento a través del tiempo, Tabla 9 ecuación 4), -0.95 (combinando los dos efectos de una manera estadísticamente óptima, Tabla 9 ecuación 5). Estos cambios solo se observan en la estimación con la variable dependiente en valores ya que cuando se utiliza las exportaciones en miles de toneladas la variable de teledensidad no es estadísticamente significativa

⁹ A partir de una prueba de igualdad de coeficientes entre las ecuaciones del Modelo SUR no se pudo rechazar la hipótesis nula según la cual el coeficiente, que acompaña a la variable distancia en la estimación con los datos de cada departamento, eran iguales entre las ecuaciones. El valor del estadístico para esta prueba es $\chi^2(8) = 11.20$, $\text{Prob} > \chi^2 = 0.1905$ (p-value).

Adicionalmente, con la anterior variable se estimo un modelo gravitacional dinámico estándar y aumentado por infraestructura (ecuación 6 y 7), cuyo efecto fue incrementar el efecto del PIB del departamento y el efecto de la teledensidad, mientras que el PIB del país destino y la Tasa de cambio bilateral no resultaron ser significativos.

Por ultimo, el modelo gravitacional se puede estimar de tal forma que se puedan recuperar los efectos fijos por departamento, país y año. Al identificar el inconveniente de estimar un efecto fijo, Mátyás (1997) para cada departamento cuando la unidad de análisis es el par i-j, en un modelo panel, se decidió estimar un modelo de efectos fijos tipo “Dummy Variable Estimation” que permitiera recuperar un efecto fijo para cada i (Departamento), j (País) y t (Año). Los efectos fijos pretenden recoger factores no observables (o medibles) de las unidades de análisis. Estos factores específicos generalmente se interpretan como el nivel de comercio no explicado por los factores gravitacionales (y los otros que se introducen, como en este caso el balance de infraestructura); es decir recogen las diferencias entre el valor de comercio pronosticado por los factores gravitacionales y el valor observado. Sin embargo, por ser un modelo de efectos fijo necesariamente esta estimación eliminaba las variables de infraestructura e institucionales mencionadas anteriormente, ya que estas no varían a través del tiempo. La única variable de infraestructura que permanece en la estimación es la de densidad telefónica (la única variable para la cual se cuenta con una serie para los departamentos y países a través del tiempo).

El modelo de gravedad de efectos fijos en logaritmos es:

$$\ln(E_{i-j,t}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(PIB_{j,t}) + \alpha_2 \ln(PIB_{i,t}) + \alpha_3 \ln(Dist_{i-j}) + \alpha_4 \ln(dtel_{i,t}) \\ + \sum_{j=1}^k \delta_k Du_j + \sum_{i=1}^h \lambda_h Du_i + \sum_{t=1}^t \gamma_t Du_t + u_{i-j,t}$$

El efecto fijo que se menciona para cada departamento y país se interpreta, generalmente en los modelos gravitacionales, como la diferencia % entre el comercio que predice el modelo con respecto al comercio observado (Tabla 11, 12, 13 y 14). Por ejemplo, de acuerdo al modelo (Tabla 14) Bogotá comercia 87% mas de lo esperado, mientras que Caquetá exporta 15.7% menos de lo que sus condiciones gravitacionales predicen. Adicionalmente, de acuerdo al modelo a Canadá se exporta 24% menos de los esperado mientras que a Estados Unidos 7.1% mas de lo esperado.

Es importante tener en cuenta que estos son efectos fijos y que recogen todo lo que no se puede explicar a través de las variables observadas. Por lo que se debe tener en cuenta a la hora de interpretar los modelos todos los inconvenientes de variable omitida que pueden existir. Seguramente, en la medida en que se puedan conseguir mejores datos para discriminar las barreras y ventajas que tiene cada departamento se puede controlar mucho mejor este efecto específico que por ahora puede ser cualquier cosa. Sin embargo, por ahora la única variable que se logro introducir (a través del tiempo, dado que es un modelo de efectos fijos) fue la teledensidad. La introducción de la variable de infraestructura dentro del modelo gravitacional estándar reduce marginalmente, en promedio 6% (valores) y 14.5% (cantidades), el efecto específico.

Conclusiones

El modelo gravitacional, desde su concepción ha resultado ser una herramienta útil para explicar los flujos comerciales entre las economías. Para los fines de la Agenda Interna que acompaña el

proceso de negociación del tratado de libre comercio entre Colombia y Estados Unidos es de gran utilidad contar con una herramienta que pueda explicar el desarrollo desigual del comercio internacional entre los departamentos colombianos. Sin embargo, no basta con una aproximación estándar de la ecuación gravitacional para caracterizar las diferencias regionales. Para tener una mejor idea de que factores entre los departamentos explican los flujos de exportaciones ha los principales socios comerciales de Colombia fue necesario ampliar la ecuación gravitacional estándar para introducir una variable a través de la cual se pudiera controlar por las diferentes dotaciones de infraestructura que tienen los departamentos.

Siguiendo principalmente el trabajo de Limao y Venables (2003) se construyó un índice de infraestructura para los departamentos, variable que se complementó con otros indicadores de geografía e infraestructura e indicadores institucionales y conjuntamente se estimaron dentro de un modelo gravitacional.

Los resultados de las diferentes estimaciones indican que la elasticidad de la infraestructura al comercio departamental está alrededor de la unidad. Adicionalmente, al introducir la variable de infraestructura, los coeficientes de ingreso en la ecuación gravitacional (en este caso particularmente asociado al PIB departamental), caen drásticamente, lo que quiere decir que algunos flujos comerciales que se han atribuido a la masa de las regiones de origen están efectivamente determinados por los menores costos que enfrentan las regiones que tienen una mejor dotación de infraestructura con respecto a las otras.

Generalmente en los modelos gravitacionales se utiliza como proxy de los costos la distancia de las ciudades capitales. En este caso se utiliza la distancia de las ciudades capitales de los departamentos a las ciudades capitales de los países que son socios comerciales de Colombia. Esta variable no resulta ser una buena proxy de los costos relativos que enfrenta cada departamento para llevar sus productos a los mercados internacionales, porque la distancia relativa de los departamentos no es absolutamente muy distinta entre ellos. Por esta razón se debe construir unos costos mucho más reales que preferiblemente pueda romperse en los tramos de transporte relevantes a partir de los cuales se puedan estimar elasticidades sensatas.

La distinción entre el valor de las exportaciones y la cantidad exportada medida en miles de toneladas, es relevante en la medida en que de acuerdo a los hechos estilizados del comercio exterior de las regiones colombianas hay unos patrones de comercio que salen a la luz, al hacer la distinción y son el resultado por un lado de las condiciones geográficas (principalmente el acceso al mar + la infraestructura portuaria de algunos departamentos) y por el otro lado indican que la infraestructura y/o logística del transporte al interior del país difícilmente compensa las condiciones geográficas, especialmente al interior del país. Las estimaciones refuerzan los hechos estilizados al resaltar la importancia de la geografía + infraestructura (principalmente la variable de puertos) en explicar los flujos de exportaciones medidos en cantidades.

Bibliografía

- Bergstrand, J. (1985) "The Gravity Equation in international Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence", *The Review of Economics and Statistics*, Vol 67, No. 3, August.
- Bougheas, S., Demetriades, P., Morgenroth, E. (1999) "Infrastructure, transport cost and trade", *Journal of International Economics*, Vol 47.

- Cardenas, M. y Garcia, C. (2004) “El modelo gravitacional de comercio y el TLC entre Colombia y Estados Unidos”, Documentos de Trabajo, FEDESARROLLO, No. 27, Octubre.
- Clark, X., Dollar, D., Micco, A. (2004) “Port Efficiency, Maritime Transport Cost and Bilateral Trade”, NBER Working Paper Series, March.
- Haveman, J., Hummels D. (2001) “Alternative Hypothesis and the Volume of Trade: the Gravity Equation and the Extent of Specialization”, Working Paper, Purdue University.
- Harris, M., Mátyás, L. (1998) “The Econometrics of Gravity Models”, Working Paper, Melbourne Institute of Applied Economics and Social Research, University of Melbourne.
- INVIAS (2002) “Red Vial Nacional”, Ministerio de Transporte, INVIAS.
- Limao, N., Venables A. (2003) “Infrastructure, Geographical Disadvantage and Transport Cost”, WB Economic Review, No. 15.
- Mátyás, L. (1998) “The Gravity Model: Some Econometric Considerations”, Working Paper, Budapest University of Economics.
- _____ (1998) “Proper Econometric Specification of the Gravity Model”, Working Paper, Budapest University of Economics.
- Weinhold, D. (1999) “A dynamic <Fixed Effects> model for Heterogeneous Panel Data”, Working Paper, London School of Economics, April.

ANEXO 1

Tabla 4
Guía de Variables

Todas las Variables estan en Logaritmos	
Variable Dependiente	
lexpomus	Exportaciones en Millones de USD
lexpoton	Exportaciones en Miles de Toneladas
Modelo Standard	
lpi bp	PIB del Pais (Destino) en Millones de USD
lpi bd	PIB del Departamento (Origen) en Millones de USD
ldistkm	Distancia Radial en Km entre ciudades Capitales
Precios	
litcripc	ITCR Bilateral con IPC
Infraestructura	
infrac2lv	Inverso del Indice de Infraestructura Pais (Destino)
lpei plv	Precio de la Energia Pais (Destino)
lrtc pkm lv	Inverso de km Carreteras/Area Pais (Destino)
lrp p tlv	Inverso de km Carreteras Pavimentadas/ Carreteras Total (Destino)
ltel plv	Inverso Teledensidad Pais (Destino)
infracd2lv	Inverso del Indice de Infraestructura Depatamento (Origen)
lpei dlv	Precio de la Energia Departamento (Origen)
lrtc d pkm lv	Inverso de Carreteras/Area Departamento (Origen)
lrp p tdlv	Inverso de km Carreteras Pavimentadas/ Carreteras Total (Origen)
ltel dlv	Inverso Teledensidad Departamento (Origen)
aeroint	Numero de Aeropuertos Internacionales en el Departamento
puertos	Numero de Puertos en el Departamento
Institucional	
lger	Indice de Gestion Empresarial Departamental, CEPAL
lcrh	Indice de Recurso Humano Departamental, CEPAL

Tabla 7

	1	2	3	
	Pooled	Efectos Aleatorios		
	Std. Grav lexpomus	+ Infraestructura lexpomus	+ Infraestructura lexpomus	
ipibp	0.44 (14.03)**	0.507 (17.33)**	0.325 (10.23)**	
ipibd	1.341 (29.32)**	0.472 (6.78)**	1.39 (21.06)**	
ldistkm	-1.226 (19.36)**	-1.358 (20.19)**	-0.85 (11.17)**	
litcripc	1.195 (5.59)**	1.008 (5.30)**	1.334 (11.07)**	
infrap2lv		-0.191 -0.86	-0.879 (3.53)**	
infrad2lv		-1.608 (7.21)**	-2.88 (15.33)**	
aeroint		1.256 (12.31)**	0.798 (10.05)**	
puertos		0.433 (4.61)**	-0.496 (5.93)**	
lcger		1.175 (11.29)**	0.549 (7.94)**	
Constant	-11.456 (9.47)**	-10.14 (7.45)**	-18.654 (14.39)**	
Observations	3485	3388	3388	
Pseudo R2	0.1069	0.1731		
Number of id			428	
Obs. Summary	1755	1668	1668	left-censored
	1730	1720	1720	uncensored

Absolute value of t statistics in parentheses
 * significant at 5%; ** significant at 1%

Tabla 8

	1	2	3	
	Pooled	Efectos Aleatorios		
	Std. Grav lexpoton	+ Infraestructura lexpoton	+ Infraestructura lexpoton	
ipibp	0.43 (10.25)**	0.567 (14.46)**	0.757 (26.60)**	
ipibd	1.036 (17.20)**	0.011 -0.12	0.339 (5.55)**	
ldistkm	-1.595 (18.52)**	-1.573 (18.01)**	-2.376 (35.91)**	
litcripc	1.394 (4.93)**	1.235 (5.03)**	0.71 (5.05)**	
infrap2lv		-1.527 (5.20)**	-0.476 (2.25)*	
infrad2lv		-2.284 (7.38)**	-1.063 (3.77)**	
aeroint		1.428 (10.76)**	2.082 (19.87)**	
puertos		1.373 (11.40)**	1.152 (13.35)**	
lcger		0.99 (8.02)**	0.256 (3.57)**	
Constant	-7.694 (4.82)**	-7.855 (4.50)**	0.115 -0.11	
Observations	3442	3345	3345	
Pseudo R2	0.1069	0.1731		
Number of id			428	
Obs. Summary	1755	1668	1668	left-censored
	1730	1720	1720	uncensored

Absolute value of t statistics in parentheses
 * significant at 5%; ** significant at 1%

Tabla 9

	1	2	3	4	5	6	7
	Pooled		Efectos Aleatorios	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios	Modelo Dinamico	
	Std. Grav lexpomus	+ Tel Densidad lexpomus	Std. Grav lexpomus	+ Tel Densidad lexpomus	+ Tel Densidad lexpomus	Std. Grav D.lexpomus	+ Tel Densidad D.lexpomus
lpi bp	0.504 (15.01)**	0.638 (18.15)**	0.439 (5.82)**	-0.282 -0.78	0.569 (7.21)**	1.99 (4.16)**	1.162 (1.69)
lpi bd	1.544 (33.53)**	0.788 (9.24)**	1.623 (17.47)**	2.21 (7.06)**	1.258 (9.05)**	-0.12 (0.26)	1.416 (2.1)*
ldist km	-1.358 (20.56)**	-1.458 (19.66)**	-1.304 (8.63)**	0 (.)	-1.839 (11.44)**	0 (.)	0 (.)
litcri pc	1.381 (6.01)**	0.867 (3.88)**	1.453 (8.86)**	2.23 (5.90)**	1.171 (6.49)**	-0.957 (1.9)	-0.172 (0.23)
ltelpl v		-0.931 (3.55)**		3.76 (5.48)**	1.258 (2.81)**		1.343 (0.91)
lteldl v		-1.483 (5.93)**		-1.226 (3.95)**	-0.953 (3.95)**		-2.29 (2.60)**
aeroint		1.257 (10.27)**		0 (.)	0.957 (3.56)**		0 (.)
puertos		0.75 (7.03)**		0 (.)	1.086 (4.50)**		0 (.)
lger		1.106 (11.38)**		0 (.)	0.674 (3.93)**		0 (.)
lexpomus(-1)						0.13 (3.70)**	0.15 (3.48)**
Constant	-13.988 (10.83)**	-13.444 (8.80)**	-14.986 (9.78)**	-23.932 (9.38)**	-11.712 (5.82)**	-0.079 (6.19)**	-0.076 (2.74)**
Observations	3485	3086	3485	3086	3086	2337	1793
R-squared	0.3	0.43	0.419	0.2061	0.5258		
Number of id			459	428	428	339	323

Absolute value of t statistics in parentheses

* significant at 5%; ** significant at 1%

Hausman	Ho. ?	Chi ² (3)	5.61		35.53		
	Ha. Fixed E.	p-value	0.1324		0.000		
Breusch&Pag	Ho. Var (u)=0	Chi ² (1)	6920.83		4243.63		
		p-value	0.000		0.000		
Sargan Test					Chi ² (33)	93.61	54.31
					p-value	0.0000	0.0112
Residual Autovcov					Orden 1		
					z	-13.47	-10.89
					p-value	0.0000	0.0000
					Orden 2		
					z	-0.73	0.69
					p-value	0.4631	0.4897

Tabla 10

	1		2		3		4		5		6		7	
	Pooled		Efectos Aleatorios		Efectos Fijos		Efectos Aleatorios		Modelo Dinamico					
	Std. Grav	+ Tel Densidad	Std. Grav	+ Tel Densidad	+ Tel Densidad	Std. Grav	+ Tel Densidad	+ Tel Densidad	Std. Grav	+ Tel Densidad	Std. Grav	+ Tel Densidad	Std. Grav	+ Tel Densidad
	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton	lexpoton
lpibp	0.559 (11.54)**	0.778 (15.78)**	0.599 (5.43)**	0.792 -1.51	0.719 (6.48)**	1.686 (2.52)*	0.384 (0.39)							
lpibd	1.592 (24.01)**	0.07 -0.58	1.652 (12.18)**	0.884 -1.93	0.491 (2.47)*	-0.176 (-0.28)	1.032 (1.07)							
ldistkm	-2.015 (21.12)**	-2 (19.27)**	-2.077 (9.35)**	0 (.)	-2.433 (10.78)**									
litcripc	1.849 (5.56)**	1.163 (3.71)**	1.802 (7.71)**	1.563 (2.83)**	1.295 (4.98)**	-0.689 (-0.99)	0.644 (0.59)							
ltelplv		-2.139 (5.81)**		2.536 (2.53)*	0.4 (0.63)		0.128 (0.06)							
lteldlv		-0.183 (-0.52)		0.228 (0.5)	0.791 (2.26)*		-0.245 (-0.2)							
aeroint		1.87 (10.92)**		0 (.)	1.603 (4.24)**									
puertos		2.007 (13.43)**		0 (.)	2.3 (6.82)**									
lcger		1.404 (10.15)**		0 (.)	0.869 (3.53)**									
expoton(-1)						0.047 (1.31)	0.099 (2.22)*							
Constant	-13.232 (7.09)**	-9.339 (4.35)**	-14.023 (6.29)**	-24.878 (6.69)**	-5.202 -1.81	-0.044 (2.43)*	-0.019 -0.48							
Observation	3442	3046	3442	3046	3046	2284	1748							
R-squared	0.23	0.41		0.04										
Number of id			457	426	426	335	319							

Absolute value of t statistics in parentheses

* significant at 5%; ** significant at 1%

Hausman Ho. ?	Chi ² (3)	13.77	23.54
Ha. Fixed E.	p-value	0.0032	0.000
Breusch&F Ho. Var (u)=	Chi ² (1)	6897.71	3698.14
	p-value	0.000	0.000
Sargan Test	Chi ² (33)	90.42	67.1
	p-value	0.0000	0.0004
Residual Autovcov	Orden 1		
	z	-11.97	-10.18
	p-value	0.0000	0.0000
	Orden 2		
	z	-2.54	-0.34
	p-value	0.011	0.7316

Tabla 11
Efectos fijos Modelo Gravitacional Estándar
Variable Dependiente: Exportaciones en Millones de Dolares

Depto	Eff Fijo	obs/ajustado	Pais	Eff Fijo	obs/ajustado
ANTIOQUIA.	0.75	111.0%	ALEMANIA	-0.01	-0.5%
ATLANTICO.	0.70	100.8%	ARGENTINA	-0.09	-8.4%
BOGOTA D.C.	0.48	62.2%	BRASIL	-0.11	-10.6%
BOLIVAR.	0.71	102.5%	CANADA	-0.18	-16.4%
BOYACA.	0.51	66.5%	CHILE	0.04	3.9%
CALDAS.	0.50	65.3%	ECUADOR	-0.08	-7.4%
CAQUETA	-0.01	-0.7%	ESPAÑA	-0.03	-2.5%
CAUCA.	0.47	59.7%	ESTADOS UNIDOS	0.06	5.8%
CESAR.	0.22	24.6%	FRANCIA	-0.06	-5.8%
CORDOBA.	0.26	29.2%	HOLANDA	-0.02	-1.5%
CHOCO.	0.38	46.4%	ITALIA	-0.01	-1.4%
CUNDINAMARCA	0.82	128.0%	JAPON	-0.04	-3.8%
HUILA.	0.11	11.7%	MEXICO	-0.06	-6.3%
LA GUAJIRA.	0.28	32.8%	PANAMA	-0.12	-11.4%
MAGDALENA.	0.50	64.2%	PERU	0.00	0.3%
META.	0.17	18.9%	REINO UNIDO	-0.03	-3.2%
NARIÑO.	0.40	49.2%	SUECIA	-0.21	-18.6%
N. DE SANTANDER.	0.24	27.7%	SUIZA	-0.12	-10.9%
QUINDIO.	0.18	19.8%	VENEZUELA	-0.03	-2.7%
RISARALDA.	0.47	59.5%			
SANTANDER.	0.42	52.4%			
SUCRE.	0.34	40.0%			
TOLIMA.	0.30	35.5%			
VALLE DEL CAUCA.	0.67	95.5%			
ARAUCA	0.15	16.1%			
CASANARE	0.18	20.2%			
GUAINIA	0.23	25.8%			

Fecha	Eff Fijo	obs/ajustado
1993	0.00	0.2%
1994	0.06	5.8%
1995	0.06	6.1%
1996	0.03	3.4%
1997	0.08	7.8%
1998	0.06	6.0%
1999	0.04	3.7%
2000	0.02	2.1%
2001	0.02	1.6%
2002	0.01	0.6%

Tabla 12
Efectos fijos Modelo Gravitacional Estándar + Infraestructura
Variable Dependiente: Exportaciones en Millones de Dolares

Depto	Eff Fijo	obs/ajustado	Pais	Eff Fijo	obs/ajustado
ANTIOQUIA.	0.71	102.4%	ALEMANIA	0.16	17.0%
ATLANTICO.	0.66	92.8%	ARGENTINA	0.06	6.0%
BOGOTA D.C.	0.44	55.4%	BRASIL	0.17	18.1%
BOLIVAR.	0.67	94.9%	CANADA	-0.14	-13.2%
BOYACA.	0.49	62.5%	CHILE	0.08	7.8%
CALDAS.	0.46	58.6%	ECUADOR	-0.03	-2.6%
CAQUETA	-0.04	-4.2%	ESPAÑA	0.07	6.7%
CAUCA.	0.43	53.6%	ESTADOS UNIDOS	0.32	37.2%
CESAR.	0.19	20.6%	FRANCIA	0.06	6.5%
CORDOBA.	0.21	23.3%	HOLANDA	0.00	-0.3%
CHOCO.	0.33	39.7%	ITALIA	0.11	11.8%
CUNDINAMARCA	0.78	118.5%	JAPON	0.19	21.1%
HUILA.	0.07	7.6%	MEXICO	0.20	22.5%
LA GUAJIRA.	0.25	27.9%	PANAMA	-0.19	-17.7%
MAGDALENA.	0.46	58.1%	PERU	0.18	19.6%
META.	0.14	15.2%	REINO UNIDO	0.07	7.6%
NARIÑO.	0.35	41.9%	SUECIA	-0.28	-24.1%
N. DE SANTANDER.	0.20	22.0%	SUIZA	-0.15	-14.3%
QUINDIO.	0.15	16.2%	VENEZUELA	0.06	6.6%
RISARALDA.	0.43	54.0%			
SANTANDER.	0.39	47.1%			
SUCRE.	0.30	35.6%			
TOLIMA.	0.27	30.4%			
VALLE DEL CAUCA.	0.63	88.2%			
ARAUCA	0.09	9.1%			
CASANARE	0.13	13.6%			
GUAINIA	0.19	21.3%			

Fecha	Eff Fijo	obs/ajustado
1993	0.00	0.1%
1994	0.07	7.0%
1995	0.07	7.5%
1996	0.05	4.9%
1997	0.09	9.6%
1998	0.00	0.0%
1999	0.03	3.4%
2000	0.01	0.9%
2001	0.00	0.0%
2002	-0.01	-1.1%

Tabla 13
Efectos fijos Modelo Gravitacional Estándar
Variable Dependiente: Exportaciones en Miles de Toneladas

Depto	Eff Fijo	obs/ajustado	Pais	Eff Fijo	obs/ajustado
ANTIOQUIA.	1.13	209.3%	ALEMANIA	-0.10	-9.4%
ATLANTICO.	1.01	175.2%	ARGENTINA	-0.11	-10.6%
BOGOTA D.C.	0.76	113.8%	BRASIL	-0.19	-16.9%
BOLIVAR.	1.06	189.9%	CANADA	-0.30	-26.1%
BOYACA.	0.26	29.6%	CHILE	0.12	12.6%
CALDAS.	0.79	119.8%	ECUADOR	-0.04	-4.3%
CAQUETA	-0.04	-4.2%	ESPAÑA	-0.09	-8.2%
CAUCA.	0.79	120.5%	ESTADOS UNIDOS	-0.12	-10.9%
CESAR.	0.43	53.2%	FRANCIA	-0.18	-16.3%
CORDOBA.	0.54	72.1%	HOLANDA	0.02	2.5%
CHOCO.	0.60	81.3%	ITALIA	-0.11	-10.4%
CUNDINAMARCA	1.10	200.4%	JAPON	-0.21	-19.2%
HUILA.	0.32	37.8%	MEXICO	-0.14	-13.5%
LA GUAJIRA.	0.58	79.4%	PANAMA	-0.14	-13.4%
MAGDALENA.	0.85	133.4%	PERU	0.06	6.7%
META.	0.24	27.3%	REINO UNIDO	-0.09	-8.8%
NARIÑO.	0.65	91.4%	SUECIA	-0.25	-22.2%
N. DE SANTANDER.	0.52	68.4%	SUIZA	-0.33	-28.2%
QUINDIO.	0.36	44.0%	VENEZUELA	-0.03	-2.8%
RISARALDA.	0.66	94.3%			
SANTANDER.	0.64	89.7%			
SUCRE.	0.63	88.2%			
TOLIMA.	0.52	68.7%			
VALLE DEL CAUCA.	1.08	193.5%			
ARAUCA	0.21	23.4%			
CASANARE	0.21	23.2%			
GUAINIA	0.28	32.4%			

Fecha	Eff Fijo	obs/ajustado
1993	-0.03	-2.5%
1994	0.03	3.4%
1995	0.04	3.9%
1996	0.04	3.7%
1997	0.07	6.9%
1998	0.07	7.0%
1999	0.02	2.5%
2000	0.05	5.5%
2001	0.04	3.8%
2002	0.02	2.2%

Tabla 14
Efectos fijos Modelo Gravitacional Estándar + Infraestructura
Variable Dependiente: Exportaciones en Miles de Toneladas

Depto	Eff Fijo	obs/ajustado	Pais	Eff Fijo	obs/ajustado
ANTIOQUIA.	1.01	175.6%	ALEMANIA	0.01	1.3%
ATLANTICO.	0.93	152.7%	ARGENTINA	-0.02	-2.0%
BOGOTA D.C.	0.63	86.9%	BRASIL	0.01	1.2%
BOLIVAR.	1.00	170.8%	CANADA	-0.27	-23.9%
BOYACA.	0.19	21.0%	CHILE	0.14	14.6%
CALDAS.	0.69	99.4%	ECUADOR	-0.02	-2.0%
CAQUETA	-0.17	-15.7%	ESPAÑA	-0.03	-2.6%
CAUCA.	0.73	108.5%	ESTADOS UNIDOS	0.07	7.1%
CESAR.	0.37	44.6%	FRANCIA	-0.09	-8.7%
CORDOBA.	0.48	61.3%	HOLANDA	0.03	3.1%
CHOCO.	0.55	73.5%	ITALIA	-0.03	-2.9%
CUNDINAMARCA	1.02	177.9%	JAPON	-0.06	-5.6%
HUILA.	0.25	27.9%	MEXICO	0.04	4.0%
LA GUAJIRA.	0.53	69.7%	PANAMA	-0.21	-18.7%
MAGDALENA.	0.79	121.2%	PERU	0.18	19.5%
META.	0.17	18.5%	REINO UNIDO	-0.02	-1.8%
NARIÑO.	0.58	78.8%	SUECIA	-0.30	-26.1%
N. DE SANTANDER.	0.44	55.6%	SUIZA	-0.36	-30.0%
QUINDIO.	0.28	31.9%	VENEZUELA	0.03	3.0%
RISARALDA.	0.57	76.6%			
SANTANDER.	0.55	72.5%			
SUCRE.	0.60	81.8%			
TOLIMA.	0.44	55.1%			
VALLE DEL CAUCA.	0.97	163.6%			
ARAUCA	0.14	14.5%			
CASANARE	0.12	12.7%			
GUAINIA	0.28	32.5%			

Fecha	Eff Fijo	obs/ajustado
1993	-0.03	-3.0%
1994	0.03	3.2%
1995	0.03	3.3%
1996	0.03	2.6%
1997	0.05	5.3%
1998	0.00	0.0%
1999	-0.01	-1.2%
2000	0.01	1.1%
2001	-0.01	-0.9%
2002	-0.03	-2.5%