



Patents and international trade: solving the Hold-up problem
David Ibáñez | Douglas Ballesteros

Diversificación y concentración de las exportaciones colombianas
David Ibáñez | Marco Bermúdez

Aplicación del modelo gravitacional de comercio exterior para la economía colombiana, 1993-2015
Fabián Bernal | David Ibáñez

Competición de modelos de pronóstico del sector turismo en Colombia
Daniel Zapata

Definición de Origen normal o inferior: caso de Colombia
David Ibáñez | Walter Sánchez | Oscar Pachón

Long-lasting effects of systematic sudden stops
John J. León-Díaz

A computable general equilibrium for exchange rate
Brian Salamanca



**MINCOMERCIO
INDUSTRIA Y TURISMO**



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

Revista Estudios Económicos

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA
Y TURISMO

OFICINA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

Bogotá D.C, Colombia

diciembre de 2017

MINISTRA DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO
Maria Lorena Gutiérrez

VICEMINISTRA DE COMERCIO EXTERIOR
Olga Lucía Lozano

VICEMINISTRO DE DESARROLLO EMPRESARIAL
Daniel Arango Ángel

VICEMINISTRA DE TURISMO
Sandra Howard Taylor

SECRETARIO GENERAL
Santiago Marroquín

JEFE OFICINA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS
David Andrés Ibáñez

EQUIPO OFICINA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

Martha Cecilia Álvarez
Marco Aurelio Bermúdez

María Isabel Alonso

Jaime Martínez

Douglas Ballesteros

Fabián Bernal

Laura Hernández

Oscar Pachón

Brian Salamanca

Walter Sánchez

Randy Villalba

Daniel Zapata

Jennifer Ramírez

Karen Pulido

Bianca Hincapié

Daniel Corredor

Felipe Siabatto

Camilo Medina

PUBLICACIÓN DIGITAL CON PERIODICIDAD SEMESTRAL, ISSN: 2500-7173 (EN LÍNEA)
COPYRIGHT ©2017 MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO / OFICINA DE ESTUDIOS
ECONÓMICOS

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

CALLE 28 No. 13A - 15

PBX: (+571) 606 76 76 FAX: (+571) 606 75 22

WWW.MINCIT.GOV.CO

BOGOTÁ, COLOMBIA

Prólogo

ENTENDIENDO LA EVOLUCIÓN Y CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL COMERCIO, LA INDUSTRIA Y EL TURISMO

La industria y el comercio evolucionan rápidamente, la misma naturaleza de la actividad comercial implica dinamismo. La búsqueda de nuevas vías para el desarrollo y crecimiento económico han generado una tendencia creciente en la apertura de las economías, que aunado a la incorporación tecnológica, han suscitado cambios importantes en la producción, distribución y estrategia comercial y empresarial de las economías, gestándose una transformación significativa en las formas de relacionamiento en el mercado.

De la misma manera, las teorías y aproximaciones para explicar estas nuevas realidades también evolucionan. Estas innovaciones académicas permiten una mejor identificación y autoconocimiento de las economías y el ámbito en el que se circunscriben, con el fin de lograr una inserción exitosa y asertiva en la economía internacional y que represente una oportunidad para aumentar los ingresos y avanzar en la consecución de objetivos sociales.

El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, comprende estas transformaciones e incorpora entre sus herramientas de análisis investigaciones pertinentes y rigurosas, que son además, insumos para enriquecer la comprensión de la configuración actual del comercio y la industria. Sin duda alguna, estos nuevos instrumentos y la certidumbre de una política basada en evidencia, se traduce en mejores decisiones para el futuro de la política comercial colombiana.

De esta manera, con esta segunda edición de la Revista de Estudios Económicos, queremos difundir este nuevo conocimiento con el fin de entregar a su disposición un insumo importante para los actores que convergen en las dinámicas del comercio y la industria, y para aquellos que quieran conocer algunas cuestiones importantes en el debate actual del comercio internacional.

Maria Lorena Gutiérrez Botero
Ministra de Comercio, Industria y Turismo

Editorial

La Revista Estudios Económicos es una publicación de *working papers* con periodicidad semestral sobre temas de comercio internacional, organización industrial y turismo. Los artículos publicados en esta segunda edición son el resultado de más de seis meses de trabajo, en los cuales se abordan diversos temas de estudio sobre las áreas de interés del Ministerio. En esta edición los documentos publicados se centran alrededor de aspectos de coyuntura económica del año 2017, así como los temas de investigación más relevantes sobre los que ha trabajado la literatura económica a nivel internacional.

En el primer artículo, escrito por David Ibáñez y Douglas Ballesteros, se evalúa de manera empírica el problema del *Hold-up* en el mercado de las patentes. En términos generales, los autores buscan evaluar como es la dinámica de las exportaciones y el gasto en Investigación y Desarrollo (ID) en las industrias que presentan altas restricciones por cuenta de los derechos de propiedad intelectual.

El artículo de Marco Bermudez y David Ibáñez, presenta un análisis de la diversificación y concentración de las exportaciones colombianas en los últimos 22 años, principalmente a nivel de productos y de mercados. En términos generales, a pesar de que el número de mercados y de productos exportados ha aumentado en el último año, en comparación al año 1995 (diversificación), se observa una mayor participación de los productos primarios -principalmente de bienes minero-energéticos- dentro de las exportaciones totales, así como una mayor profundización de la relación comercial con los destinos históricamente más representativos -EE.UU, Unión Europea y China (concentración).

El documento de Fabian Bernal y David Ibáñez, realiza una aplicación del modelo de gravedad de comercio exterior para la economía colombiana en el periodo 1993-2015. Esto con el fin de identificar los elementos que explican el intercambio comercial entre Colombia y los demás países del mundo, tales como el tamaño de sus economías y la distancia que los separa uno de otro. Adicionalmente, se intenta estimar el impacto de la política de apertura económica adoptada por el país con la firma y entrada en vigencia de diversos Acuerdos Comerciales en la última década.

En el documento de Daniel Zapata se realiza una competición de pronósticos entre los modelos ARIMA, suavizamiento exponencial, red neuronal y la combinación simple de los tres modelos, aplicados a la serie de llegadas totales de turistas a Colombia. Se comparan los resultados a diferentes horizontes de tiempo de las series en niveles y pre-procesadas. Como resultado el modelo ARIMA y la combinación simple de pronósticos superan a los modelos de suavizamiento exponencial y red neuronal, sobretodo en horizontes cortos de pronóstico. También se encuentra evidencia a favor del pre-procesamiento de las series para su uso en los modelos de red neuronal.

En el trabajo de Walter Sánchez, Oscar Pachón y David Ibáñez, se examina para los 16 principales socios comerciales de Colombia, la evolución de las exportaciones hacia estos países ante eventuales cambios estructurales en su ingreso nacional (PIB). Lo anterior se sustenta en los conceptos de la microeconomía de *bien normal* y *bien inferior*, en los que para cambios marginales en el ingreso la demanda por exportaciones desde estos destinos puede subir o bajar según sea el caso. La evidencia para cada país de comparación es heterogénea a nivel de los países y de los periodos de tiempo analizados.

En el trabajo de John León-Díaz se testea una regularidad empírica asociada a las crisis económicas internacionales, conocida en la literatura económica como *sudden stops*, esta consiste en los grandes e inesperados movimientos en la cuenta de capitales ante la ocurrencia de crisis. Este efecto tiene importantes repercusiones sobre la inversión y la producción, lo cual implica altos costos para la economía cuando se conjuga con otros factores. En términos generales, el autor encuentra que tales efectos persisten sobre la producción por cerca de 5 años en economías emergentes, mientras que para el caso de las economías desarrolladas se prolongan únicamente por dos años.

En el documento de Brian Salamanca se lleva a cabo una versión preliminar de un Modelo de Equilibrio general computable (CGE) para Colombia. Esto con el fin de estimar la tasa de cambio óptima para la economía colombiana y su respuesta ante eventuales choques en tres variables exógenas del sector externo: el nivel de precios de las

importaciones colombianas, el nivel de precios de las exportaciones tradicionales de Colombia y el nivel de precios de las importaciones del mundo. Para la construcción de éste modelo se empleo la matriz SAM de contabilidad social para el año 2015 obtenida de las Cuentas Nacionales elaboradas por el DANE.

David Ibáñez Parra
Jefe de la Oficina de Estudios Económicos
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Revista Estudios Económicos

RESUMEN EJECUTIVO	7
ARTÍCULOS	
Patents and international trade: solving the Hold-up problem <i>David Ibáñez Douglas Ballesteros</i>	13
Diversificación y concentración de las exportaciones colombianas <i>David Ibáñez Marco Bermúdez</i>	26
Aplicación del modelo gravitacional de comercio exterior para la economía colombiana, 1993-2015 <i>Fabian Bernal David Ibáñez</i>	47
Competición de modelos de pronóstico del sector turismo en Colombia <i>Daniel Zapata</i>	59
Definición de Origen normal o inferior: caso Colombia <i>Walter Sánchez Oscar Pachón David Ibáñez</i>	72
Long-Lasting Effects of Systemic Sudden Stops <i>John J. Leon-Diaz</i>	84
A Computable General Equilibrium for Exchange Rate <i>Brian Salamanca</i>	90

Resumen ejecutivo

REVISTA ESTUDIOS ECONÓMICOS

1. PIB

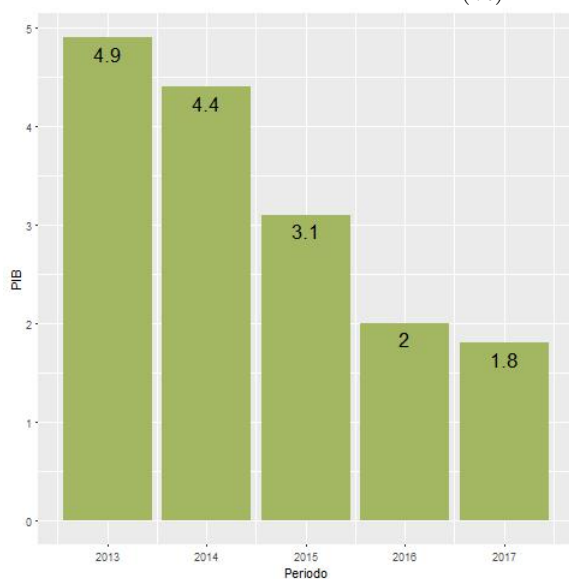
En 2017, el PIB registró un crecimiento de 1,8 %, inferior al incremento presentado en 2016 (2,0 %).

Registraron tasas de crecimiento superiores a la media de la economía los siguientes sectores: agropecuario (4,9 %), electricidad, gas y agua (1,1 %), establecimientos financieros y actividades inmobiliarias (3,8 %), servicios sociales (3,4 %), y comercio, restaurantes y hoteles (1,2 %).

Registró una tasa de crecimiento inferior a la media de la economía: transporte, almacenamiento, comunicaciones (-0,1 %), construcción (-0,7 %), industria (-1,0 %), y explotación de minas y canteras (-3,6 %), el cual se ha visto afectado por una coyuntura de bajos precios internacionales y una reducción en la inversión.

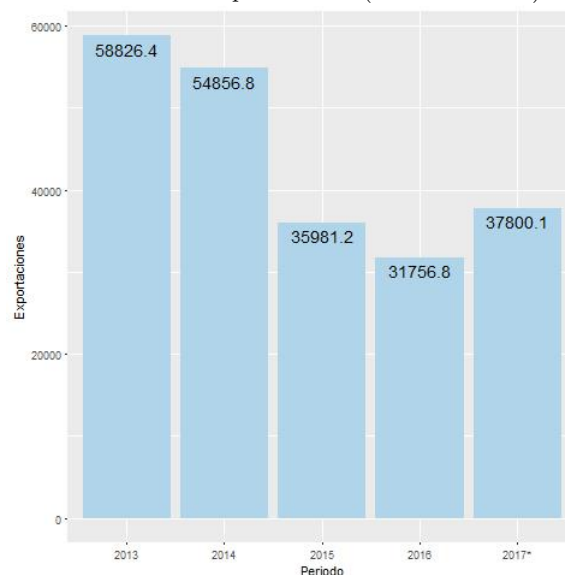
El crecimiento del PIB el cuarto trimestre de 2017 fue 1,6 %, tasa inferior a la registrada en igual periodo de 2016 (1,8 %).

FIGURA 1. Crecimiento del PIB (%)



Fuente: Dane

FIGURA 2. Exportaciones (mill. US\$ FOB)

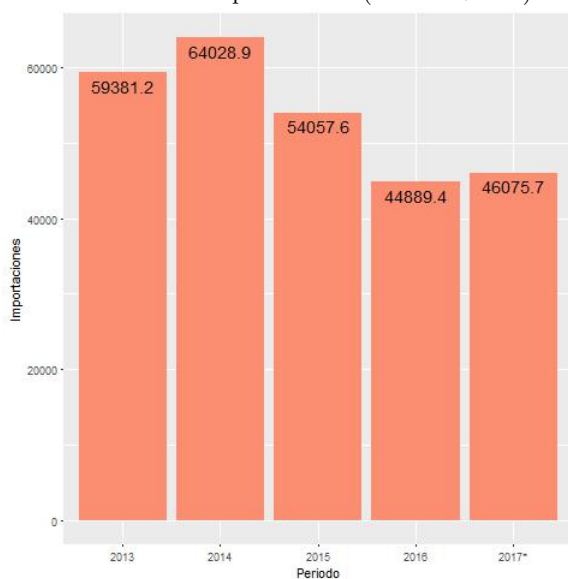


Fuente: Dane

2. EXPORTACIONES

Las exportaciones en el año 2017 (US\$ 37.800,1 millones) aumentaron en 19,0 %, respecto al año anterior. El sector de combustibles y productos de la industria extractiva (US\$ 20.910,7 millones) registró un aumento de 32,4 % y una contribución de 16,1 pp. Las exportaciones agropecuarias (US\$ 7.355,6 millones), presentaron una variación de 7,2 %, y una contribución de 1,5 pp. y las exportaciones manufactureras (US\$ 7.710,3 millones), con una variación de 2,4 %, y una contribución de 0,6 pp. Las exportaciones sin combustibles y productos extractivos en el periodo aumentaron en 5,8 %, respecto a igual período del año anterior.

Las exportaciones en el mes de diciembre de 2017 (US\$ 3.949,1 millones) crecieron en 13,6 %, respecto a igual período del 2016. Esto por cuenta de las mayores ventas del sector de combustibles y productos de la industria extractiva (US\$ 2.588,3 millones), con una variación de 49,7 % y una contribución de 24,7 pp.

FIGURA 3. Importaciones (mill. US\$ CIF)

Fuente: Dane

Las exportaciones industriales (US\$ 664,7 millones), con una variación de 0,5 %, y una contribución de 0,1 pp. Las exportaciones agropecuarias (US\$ 553,0 millones) registraron una variación de -33,9 %, y una contribución de -8,2 pp. Las exportaciones sin combustibles e industrias extractivas en el mes cayeron en -22,2 %, respecto a igual período del 2016.

3. IMPORTACIONES

En 2017, las importaciones sumaron US\$ 46.075,7 millones, para una variación de 2,6 %. A nivel de grupos de productos se registró el siguiente comportamiento: Agropecuarios, alimentos y bebidas (US\$ 6.249,3 millones) cayeron en 0,3 %; combustibles y productos de industria extractiva (US\$ 4.507,8 millones) variaron en -1,2 %; y manufacturas (US\$ 35.232,0 millones) crecieron en 3,9 %.

Por grupo de productos las mayores variaciones en agropecuarios, alimentos y bebidas se observaron en carne y preparados (34,9 %). En combustibles y productos de la industria extractiva la mayor variación se observó en petróleo y sus derivados (-2,5 %), mientras que en manufacturas, las mayores variaciones se presentaron en aparatos para telecomunicaciones y sonido (13,6 %), hierro y acero (13,1 %), y manufacturas de metales (18,6 %).

De acuerdo por CUODE, las importaciones de bienes de consumo cayeron -0,2 %, materias primas y productos intermedios (2,9 %), y bienes de capital y materiales de construcción (4,6 %).

Para diciembre de 2017, las importaciones sumaron US\$ 3.635,5 millones, para una variación de -10,0 %. Por grupos de productos: Agropecuarios, alimentos y bebidas (US\$ 485,5 millones) cayeron en -4,3 %; combustibles y productos de industria extractiva (US\$ 385,1 millones) variaron en -25,2 %; y manufacturas (US\$ 2.749,1 millones) variaron en -8,2 %.

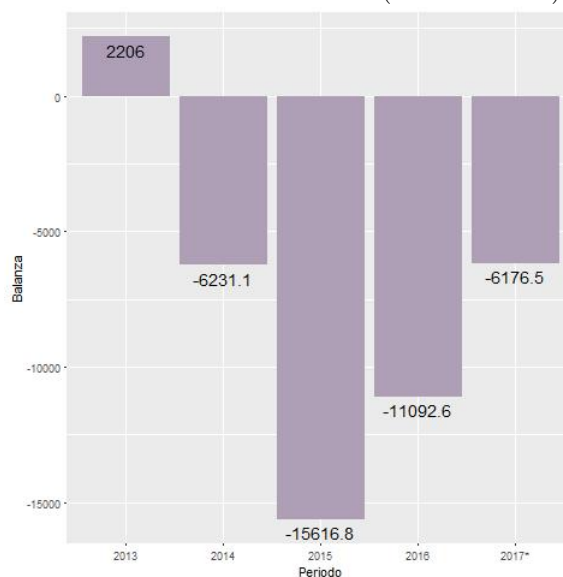
4. BALANZA COMERCIAL

A diciembre de 2017, el déficit comercial de Colombia se ubicó en US\$ -6.176,5 millones, una caída de -44,3 % frente a igual período de 2016 (US\$ -11.092,6 millones).

En el período, los principales superávit que registró Colombia fueron con: Panamá (US\$ 2.681 millones), Turquía (US\$ 1.190 millones), Ecuador (US\$ 772 millones) y Perú (US\$ 472 millones).

Los mayores déficit se registraron con: China (US\$ -6.313 millones), México (US\$ -1.788 millones), Unión Europea (US\$ -1.138 millones), Estados Unidos (US\$ -877 millones), y Brasil (US\$ -835 millones).

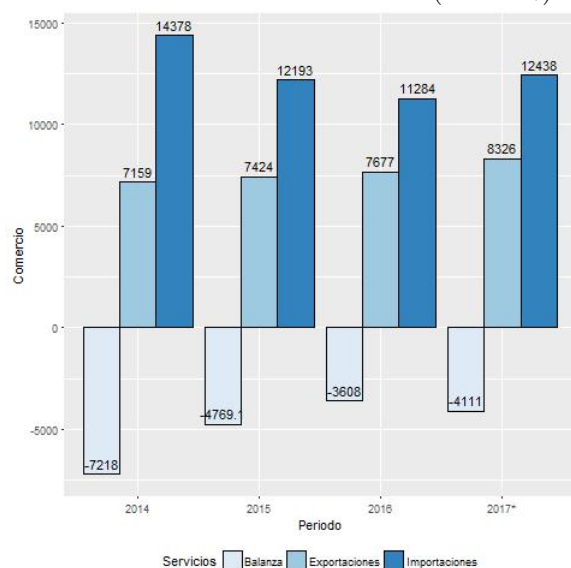
Para diciembre de 2017, el déficit comercial de Colombia se ubicó en US\$ -485,4 millones inferior en valor absoluto al presentado en igual mes de 2016 (US\$ -384,2 millones).

FIGURA 4. Balanza comercial (mill. US\$ FOB)

Fuente: Dane

5. COMERCIO DE SERVICIOS

El comercio exterior de servicios registró en 2017 un balance deficitario de US\$ 4.111 millones, superior al de 2016 cuando fue de US\$ 3.608 millones. Este déficit

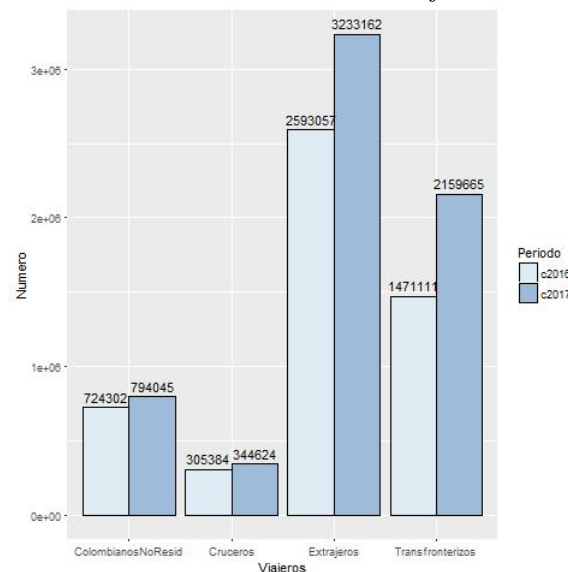
FIGURA 5. Comercio de Servicios (mill. US\$)

Fuente: Banco de la República

fue resultado de exportaciones por US\$ 8.326 millones e importaciones por US\$ 12.438 millones.

Durante el período de análisis, las exportaciones de servicios aumentaron anualmente 8,5 % (US\$ 650 millones), debido a los mayores ingresos recibidos por concepto de viajes (US\$ 341 millones), de servicios empresariales y de construcción (US\$ 124 millones), de transporte (US\$ 122 millones) de seguros y financieros (US\$ 28 millones) y de comunicaciones, información e informática (US\$ 19 millones). Cabe anotar, que los ingresos corrientes por servicios se concentran principalmente en el rubro de viajes (US\$ 4.900 millones) y transporte (US\$ 1.632 millones), representando cerca del 78 % de estas exportaciones.

Por su parte, las importaciones de servicios registraron un incremento anual de 10,2 % (US\$ 1.153 millones), debido a los mayores egresos asociados con seguros y servicios financieros (US\$ 666 millones), gastos de viajes (US\$ 229 millones), pago de servicios de transporte (US\$ 145 millones) y las compras externas asociadas a servicios empresariales (US\$98 millones). En contraste, disminuyeron el gasto en otros servicios (US\$4 millones). Cabe destacar que los principales egresos corresponden a gastos por viajes al exterior (US\$ 4.483 millones) y servicios de transporte (US\$ 2.749 millones) aportando en conjunto el 58 % de este rubro.

FIGURA 6. Turismo de viajeros

Fuente: Migración Colombia, Dane, Mincit

6. TURISMO

A diciembre de 2017, el turismo receptivo total con transfronterizos ascendió a 6.531.496 llegadas. Del total: 3.233.162 correspondieron a extranjeros no residentes, 344.624 pasajeros en cruceros internacionales, 794.045 a colombianos residentes en el exterior y 2.159.665 transfronterizos.

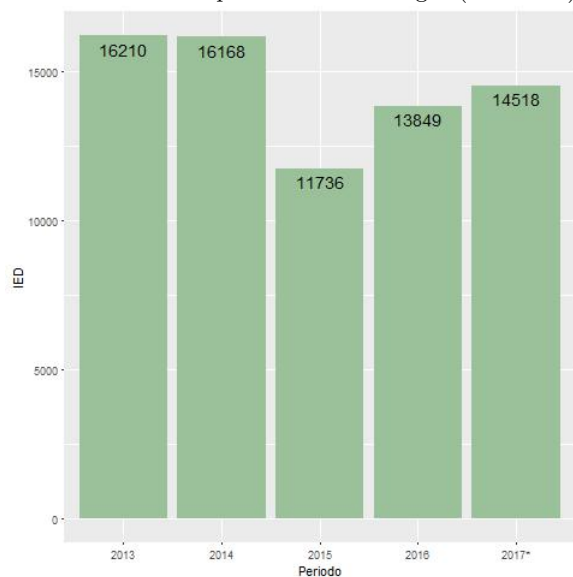
Durante el periodo enero-diciembre el receptivo de viajeros total aumentó en 28,2 % en comparación con el año anterior, es decir 1.437.642 más que en 2016.

Los grupos de viajeros más representativos en el periodo fueron: Extranjeros no residentes (49,5 %) variando en 24,7 %, seguido por transfronterizos (33,1 %) con una variación de 46,8 %, y por colombianos residentes en el exterior (12,2 %) con un incremento de 9,6 %.

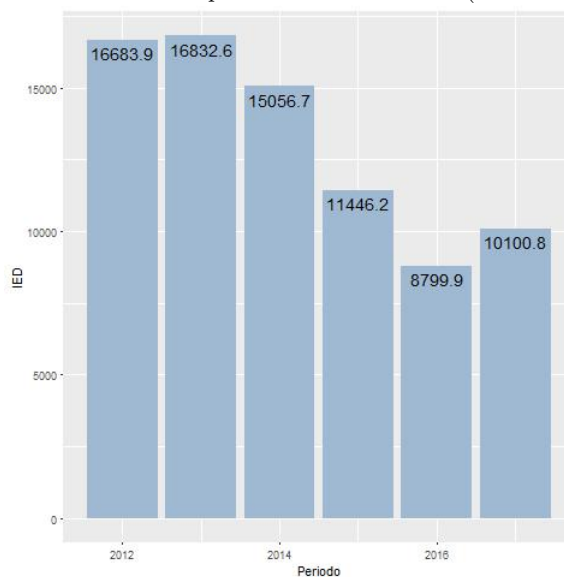
En lo corrido del año Venezuela, EE.UU, y Brasil fueron los países con mayor contribución a las llegadas de extranjeros, participando con 23,7 %, 16,4 % y 6,5 % respectivamente.

Durante el mes de diciembre, el receptivo total de viajeros (748.762) fue mayor en 183.262 viajeros respecto a igual mes del año anterior, lo que representa un aumento de 32,4 %.

Los grupos de viajeros más representativos en el mes fueron: extranjeros no residentes (46,1 %) variando en 37,8 %, seguido por transfronterizos (26,6 %) con una variación de 67,6 % y colombianos residentes en el exterior (20,7 %) con una variación de 12,3 %.

FIGURA 7. IED por Balanza de Pagos (mill. US\$)

Fuente: Banco de la República

FIGURA 8. IED por Balanza Cambiaria (mill. US\$)

Fuente: Banco de la República

7. IED POR BALANZA DE PAGOS

En el 2017 por concepto de IED se recibieron US\$ 14.518 millones (4,7 % del PIB), superior en US\$ 669 millones (4,8 %) a lo recibido un año antes. La distribución por actividad económica de la IED recibida en este periodo fue la siguiente: minería y petróleo (30,4 %), transporte y comunicaciones (23,9 %), industria manufacturera (15,6 %), servicios financieros y empresariales (11,4 %), comercio y hoteles (6,2 %), electricidad, gas y agua (3,2 %), y el resto de sectores (9,2 %).

Las actividades de minería y petróleo fueron las principales receptoras de la IED en el periodo, al recibir US\$ 4.411 millones. Seguidamente sobresalen en su orden transporte y comunicaciones (US\$ 3.465 millones), industria manufacturera (US\$ 2.269 millones), servicios financieros y empresariales (US\$ 1.662 millones), y comercio y hoteles (US\$ 899 millones).

Por tipo de aporte de capital, se estima que del total de ingresos recibidos por IED en el 2017, el 56,6 % correspondió a nuevas participaciones de capital, el 27,9 % a reinversión de utilidades y el 15,5 % a deuda entre empresas con relaciones de inversión directa.

8. IED POR BALANZA CAMBIARIA

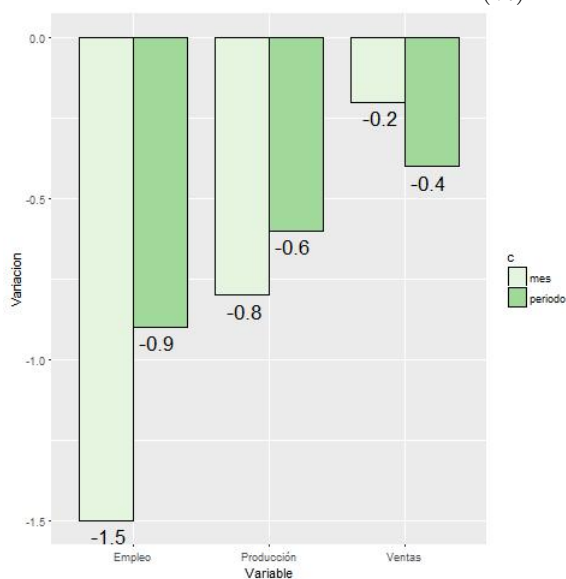
La inversión extranjera directa, acumulada al 29 de diciembre de 2017, se ubicó en US\$ 10.100,8 millones, es decir, US\$ 1.300,0 millones más que en el mismo periodo del año anterior (US\$ 8.800,8 millones), presentó un incremento de 14,8 % con respecto al observado en el año 2016.

El 57,1 % de la inversión extranjera directa correspondió a petróleo, hidrocarburos y minería (US\$5.764,7 millones). El año anterior participaba con 52,3 %, (US\$ 4.605,8 millones), se observó un incremento de 25,2 % con respecto al mismo período del año anterior.

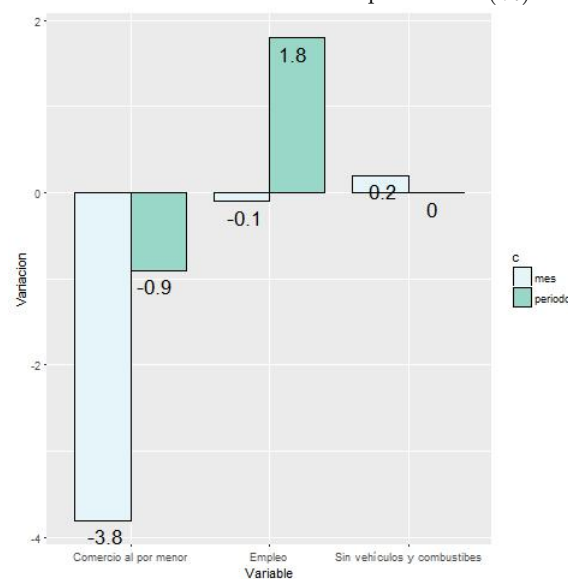
El 42,9 % correspondió a otros sectores (US\$4.336,2 millones). El año anterior participaba con 47,7 % para el mismo período (US\$ 4.195,0 millones), se observó un incremento de 3,4 % con respecto al mismo período del año anterior.

En el acumulado a 29 de diciembre de 2017, la inversión extranjera de Portafolio fue de US\$4.016,3 millones, mientras que en el año anterior era US\$5.854,9 millones. Para una variación de -31,4 %.

La inversión de Colombia en el exterior fue de US\$59,7 millones, US\$64,2 millones inferior al registrado un año antes (US\$ 123,9 millones).

FIGURA 9. Industria manufacturera (%)

Fuente: EMM-Dane

FIGURA 10. Comercio al por menor (%)

Fuente: EMCM-Dane

9. INDUSTRIA

Al mes de diciembre de 2017, la variación acumulada de la producción real industrial fue -0,6 %, mientras que las ventas reales, para el mismo periodo cayeron a una tasa del -0,4 %. Si al análisis de variación del total del sector industrial se resta el subsector de Refinación del Petróleo, la industria en lo corrido del año decrece a una tasa del -1,9 %.

Los subsectores de mayor contribución al crecimiento industrial durante el periodo fueron: refinación de petróleo, que mostró un crecimiento en la producción real de 4,9 %, sustancias químicas básicas (5,1 %), papel, cartón y sus productos (4,4 %), productos de molinería (6,8 %), hierro y acero (3,9 %), aceites y grasas (8,6 %), otros productos alimenticios (2,7 %), carne y pescado (1,8 %), entre los más importantes.

Los subsectores que más restaron al consolidado son: bebidas (-4,5 %), confecciones (-8,6 %), otros minerales no metálicos (-3,7 %), vehículos (-14,7 %), otra maquinaria y equipo (-11,1 %), jabones y detergentes (-3,8 %), hilatura y tejeduría (-8,2 %), productos de metal (-5,1 %), metales preciosos y no ferrosos (-25,0 %), entre los más relevantes.

Para diciembre de 2017, la producción industrial cayó en 0,8 % y las ventas reales variaron en -0,2 %; por otra parte, el empleo manufacturero decreció -1,5 %.

10. COMERCIO AL POR MENOR

Para enero-diciembre de 2017, las ventas cayeron -0,9 %; sin embargo, en similar período del año anterior el crecimiento fue superior (1,6 %), denotando la desaceleración del sector.

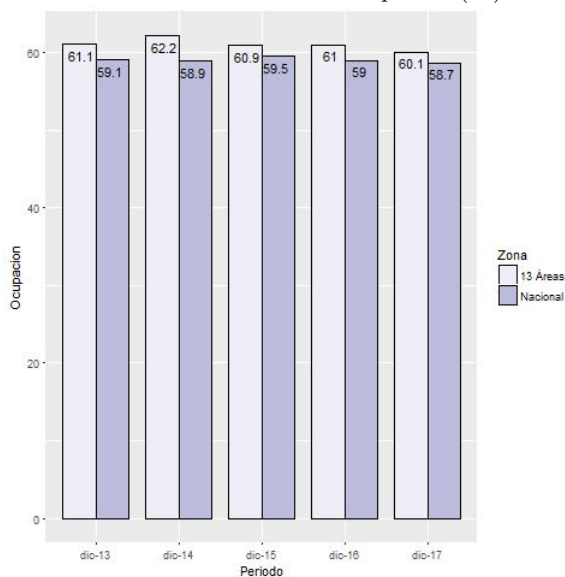
Si se excluye combustibles, la caída fue de -1,1 %, inferior a la tasa registrada en igual período de 2016 (1,6 %). El empleo asociado al comercio al por menor creció 1,8 %, inferior a la variación registrada en igual periodo de 2016 (3 %).

Registraron una tasa de crecimiento positiva: Electrodomésticos, muebles y de equipo oficina (4,5 %), Alimentos y bebidas (4,2 %), Bebidas alcohólicas-cigarrillos (1,9 %). Se redujeron las ventas de artículos de ferretería (-7,4 %) y repuestos y lubricantes (-7,3 %).

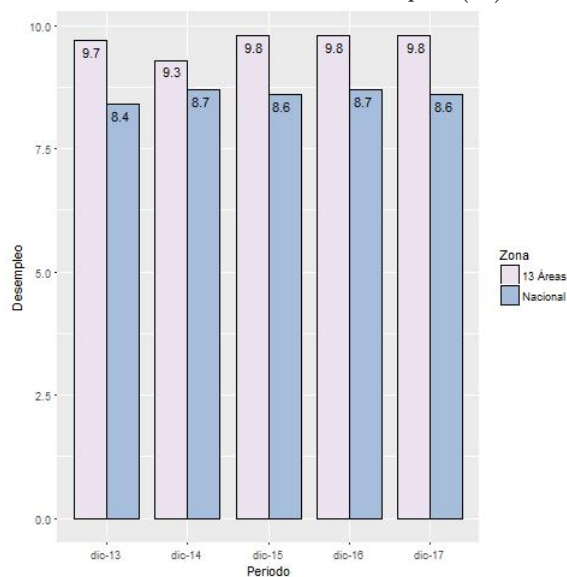
En diciembre de 2017, las ventas reales del comercio minorista registraron una variación de -3,8 %, con respecto al comportamiento de las ventas en igual mes de 2016.

Excluyendo los combustibles, las ventas cayeron -4,2 % y las ventas sin vehículos y combustibles registraron una variación de 0,2 %.

El empleo asociado con el comercio cayó -0,1 % respecto a igual mes de 2016, presentando por segunda vez una variación negativa en 2017.

FIGURA 11. Tasa de Ocupación (%)

Fuente: GEIH-Dane

FIGURA 12. Tasa de desempleo (%)

Fuente: GEIH-Dane

11. TASA DE OCUPACIÓN

En diciembre de 2017 la tasa de ocupación se ubicó en 58,7% a nivel nacional, y en 60,1% en las trece áreas. La tasa de ocupación para igual periodo de 2016 fue de 59,0% y 61,0% respectivamente

En el trimestre octubre-diciembre de 2017, se crearon 32 mil empleos a nivel nacional, para un aumento de 0,1%, los cuales fueron generados principalmente en los sectores de agricultura (5,0%), transporte (2,7%) y construcción (2,5%).

En el trimestre móvil, el sector con mayor participación en la ocupación nacional fue comercio, hoteles y restaurantes (27,2%), seguido por servicios comunales, sociales y personales (18,6%), agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (17,1%) e industria manufacturera (12,2%).

12. TASA DE DESEMPLEO

En diciembre de 2017 la tasa de desempleo se ubicó en 8,6% a nivel nacional, y en 9,8% en las trece áreas. La tasa de desempleo para igual periodo de 2016 fue de 8,7% y 9,8% respectivamente.

Para el trimestre octubre-diciembre 2017 la tasa de desempleo se ubicó en 8,5% a nivel nacional. Para el mismo trimestre de 2016 la tasa fue de 8,2%.

El promedio de los últimos doce meses fue 9,4%. El número de desempleados en diciembre fue de 2,1 millones, inferior en 13,3 mil personas respecto a igual mes de 2016.

La tasa de desempleo para el trimestre móvil se

situó en 9,6% para las trece áreas. Quibdó (14,2%), Cúcuta (14,0%), Armenia (13,4%), fueron las regiones con mayor tasa de desempleo, mientras que Cartagena (7,0%), Santa Marta (7,0%), Barranquilla (7,5%) y fueron las de menor.

Patents and International Trade: Solving the hold-up problem

David Ibanez & Douglas Ballesteros

Oficina de Estudios Economicos

Email: dibanez@mincit.gov.co dballesteros@mincit.gov.co

We present a theoretical model in order to show the hold-up problem that arises when there is a patent in the market. We find that the international trade is the key-step in order to establish a bargaining process that could give the elements to the firms to coordinate better among them and thus internalize the consequences of the patent. Additionally, using the data of production, exports, investment in R+D, and other macroeconomic variables by SEP-Reliant industrial sectors of thirteen countries between 2002 and 2014, we tested the model and found that in fact, when sectors protected by patents are exposed to more competition due to international trade, they invest more in R+D, producing more and reducing inefficiencies clinged to these legal privileges.

keywords: International Trade, Patents, R+D

1. INTRODUCTION

Patents are incentives for people, since it offers them recognition for their creativity and guarantees a reward for their inventions. Indeed, patents have been an instrument to encourage innovation, which ensures the constant improvement of the quality of human life.

The problem arises in the nature of the patent. Given that the patent is a right of exclusivity, it increases the bargaining power of a party, and thereby reduce the profits of the others. In that sense, even when the purpose of the patent is to enhance and protect the innovation, its own sense causes a cost within the markets due to the increasing bargaining power and exclusivity tends to create monopolistic market structures.

Indeed, following [Ellingsen and Johannesson \(2004\)](#), they affirm that one of the main important consequence of the hold-up problem is an underinvestment decision by the firms in the market and thus inefficiency. The authors believe that this kind of behavior is produced due to the right of exclusivity warrants that the share that belongs to the patent owner is higher than the other parties, establishing an unfair deal.

However, the underinvestment is a reality only if in the bargaining process the parties fail to coordinate, which produces an inefficient equilibrium. That is why

we are going to develop a bargaining process in which we ensure that even when there is an existence of a monopoly in the market, the firms could coordinate each other in order to internalize the patent and thus solve the hold-up problem.

The key step that we are going to introduce in order to solve the negative externality is through international trade and thus making a comparison between the situation before and after the opening of the market.

In the Section 2 we present the Theoretical Model that compares the closed economy situation and the effects on welfare that are a consequence of the international trade. In the Section 3, using databases of production, exports, investment in R+D of thirteen countries and their respective industrial sectors, we create a panel data in order to test empirically the results of the theoretical model. In the last Section we state the final remarks, trying to establish the pros and cons of introducing patents into the markets.

2. THEORETICAL MODEL

2.1. Definition of the Closed Economy

This is a market with a vertical integration in where the firm in the Upper Level is a monopoly that has the property rights of production of a good. This patented good is part of the supply chain of the company that is

in the downstream market.

In order to maintain the simplicity of the model we assume that in the Down Market there is only one company that is producing, which is a monopoly that depends on the decision of production of the patented good. We are going to use the subscript a in order to identify the autarky situation, and the superscript in order to identify if the monopoly is in the Upper (UF) or Down level (DF) of the vertical integration.

2.2. Preferences and demand of the patented good

Preferences are given by a weakly and separable convex utility function. Using the assumptions of [Dixit and Stiglitz \(1977\)](#), we are going to describe the firm's preferences through a CES utility function, given by (1)

$$u_a = U(x_0, V(x_1, x_2, \dots, x_n)) \quad (1)$$

Where $U(\cdot)$ is the Down Firm's utility function for production factors, x_0 is a numeraire production factor that does not have any patent and, $x_1, x_2, \dots, x_n$ are the differentiated production factors (patented varieties).

We are going to assume that the utility function is described by a CES because it allows us to model the differentiated and patented varieties with a $\rho \in (0, 1)$ which ensures the concavity of the utility function, but also guarantees that there are not zero quantities demanded. In fact, if $\rho = 1$ the patented varieties are perfect substitutes and with $\rho = 0$ they are complements.

However, the fact that our objective is to prove that with more competition given by the international trade there are more incentives to invest in patented goods, we assume that the value of ρ is between 0 and 1 to ensure that in a scenario with more competition, down firms will demand more patented varieties with lower prices.

Following [Neary \(2004\)](#), one of the most important features of using a CES utility form is its separability because the consumer optimization problem can be solved in two stages: first the down firm finds her optimal allocation of income for each type of production factor, and subsequently she decides her optimal consumption within each variety.

2.2.1. First Stage: Optimal Allocation of Down Firm Income

In the CES case, the Down Firm's utility function is given by (2):

$$u_a^{DF} = U\left(x_0, \left[\sum_i^n x_{a,i}^\rho\right]^{\frac{1}{\rho}}\right) \quad (2)$$

If we define y as the quantity index of all the patented varieties that the Down Firm needs in her production process, then $y \equiv [\sum_i^n x_{a,i}^\rho]^{1/\rho}$. Thus, the first-stage optimization problem is described in (3).

$$\begin{aligned} \max \quad & U(x_0, y) \\ \text{s.t.} \quad & x_0 + q \cdot y = I \end{aligned} \quad (3)$$

We can observe in (3) that the budget constraint only has the price for the quantity index of all the patented varieties. In that way, we can isolate the price-effect of the other production factors that the Down Firm could use. Additionally, following to [Dixit and Stiglitz \(1977\)](#), we are going to assume that $I = 1$ in order to guarantee that the Down Firm makes zero profit.

Given that the Down Firm's utility function is homothetic, the optimal condition is stated by the relative marginal utilities of each production factor. In that order, solving the Down Firm's optimization problem we get the Marshall demands of each production factor (see the equation (4)), in which each one depends on a share of the income $s(q)$.

$$\begin{aligned} x_0 &= (1 - s(q)) \cdot I \\ y &= \frac{s(q) \cdot I}{q} \end{aligned} \quad (4)$$

Additionally, we can observe that each Marshall demand of each production factor depends negatively on its price. However, we have to highlight that the demand of the numeraire production factor is equal to 1 by definition.

2.2.2. Second Stage: Optimal Consumption of Each Variety

$$\begin{aligned} \max \quad & y = [\sum_i^n x_{a,i}^\rho]^{1/\rho} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_i^n p_{a,i} \cdot x_{a,i} = s(q) \cdot I \end{aligned} \quad (5)$$

In this stage, the Down Firm faces the following optimization process described in (5). The main idea is that the Down Firm decides how many of each variety of the patented production factor demands. If we solve this problem we get the Marshall demand for each variety of the differentiated and patented production factor (See the Appendix 1). Thus, this demand is described by:

$$y^M = \frac{s(q) \cdot I}{\left[\sum_i^n p_{a,i}^{\frac{\rho}{\rho-1}}\right]^{\frac{(\rho-1)}{\rho}}} = \frac{s(q) \cdot I}{[q]^{\frac{(\rho-1)}{\rho}}} = s(q) \cdot q^{-\mu} \quad (6)$$

Notice that demand depends on the price index, q , of each variety and the decision of the quantity will depend on the substitution elasticity of the patented good produced by the Upper Firm, which is $\mu = \frac{(\rho-1)}{\rho}$.

On the other hand, given our assumption on the Utility Function, this demand does not have any cross-price effect and there is not income effect. Thus, we isolate in this demand only the possible effects of the market structure of patented goods.

2.3. Firms and Production in the Closed Economy

We assume that in this market there is a vertical integration between two monopolies, in which the Upper Firm produces a patented good which is a production factor to the Down Firm. Since the Down Firm demands all existing varieties, the Upper Firm exploits its monopolistic pricing power given by the patent.

However, this price will be determined through a bargaining process between firms.

2.3.1. Bargaining

The bargaining process is established by the firms in which they divide the market surplus between them. Let β be the fraction of the market surplus that belongs to the Upper Firm and thus $(1 - \beta)$ the fraction of the market surplus that belongs to the Down Firm. Due to the fact that β represents a share, and both firms are the only companies in the market, the condition over the share is that $0 < \beta < 1$.

Indeed, the bargaining process, as a result, has an optimal structure of the patented production factor price. We assume that this price is a royalty that the Down Firm has to pay in order to have the right to use the production factor into her production chain. However, this royalty is not imposed unilaterally by the Upper Firm, but on the contrary its price is negotiated with the Down Firm. The main feature here is that this optimal price maximizes the production functions of both firms and maximizes the market surplus that both firms divide between them.

Following the structure stated by [Wes \(2000\)](#), we are going to assume that the bargaining process is described by the following maximization process in which the bargained optimal price of the patented production factor will maximize the total market surplus and thus its respective shares between firms.

Then, the optimal structure of this price is given by:

$$\max_{P_A^{UF}} \Pi = [(P_A^{UF} - C_A^{UF}) \cdot X_A^M]^\beta [(P_A^{DF} - C_A^{DF} - P_A^{UF}) \cdot X_A^M]^{1-\beta} \quad (7)$$

In the equation (7) we assume the following: First, even when there are two different production functions, both depend on the same product, which is the Marshallian Demand for the product that is traded in the Down Market. This assumption is based on the fact that the market surplus that is being distributed by the firms is the Down Market Surplus. Additionally, the patented good is demanded only by the Down Market, which implies that $X_A^{DF} = X_A^{DF} (X_A^{UF})$.

Second, the royalty is introduced into the production functions depending on the level of vertical market integration. In fact, in the Upper Firm's maximization process this price is part of the Total Income, meanwhile for the Down Firm's process this price is considered as a cost.

Third, we differentiate the production costs of both firms mainly because of the behavior of the Upper Firm. We assume that the Upper Firm decides how much to invest in R+D in order to create a patented good. This investment is a sunk cost because the Upper Firm will only get profits once she gets the patent. For that reason, the Upper Firm's cost function depends on her level of investment in R+D. We assume that this cost function has diminishing marginal returns because the investment reduces the production cost of the patented good but with a decreasing rate.

$$P_A^{UF} = (P_A^{DF} - C_A^{DF}) - (1 - \beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})] \quad (8)$$

The equation (8) shows the optimal structure of the royalty, that is, the results of the maximizing process of the equation (7) (See the Appendix 2). One important thing that we can see in equation (8) is the fact that the optimal royalty depends in a positive way on the profit margin of the Down Firm. Even when the Upper Firm has market power, given that her product is part of the chain production of the Down Firm, the royalty will be higher if the downstream market surplus is bigger.

If we make a marginal analysis we get the following:

1. $\frac{\partial P_A^{UF}}{\partial P_A^{DF}} = \beta$ If the price in the downstream market rises, the optimal revenue rises the share that belongs to the firm with the patent.
2. $\frac{\partial P_A^{UF}}{\partial C_A^{DF}} = -\beta$ If the marginal cost of the Down Firm rises, the optimal revenue decreases the share that belongs to the firm with the patent.

3. $\frac{\partial P_A^{UF}}{\partial C_A^{UF}} = 1 - \beta$ If the marginal cost of the Upper Firm rises, the optimal revenue increases the share that belongs to the Down Firm, which corresponds to a direct transfer of the production cost.

2.3.2. Optimal Production in the Downstream Market

In this stage, once both firms have decided what the optimal structure of the royalty is, the Down Firm takes the royalty as a given price and introduces it in her maximization process as a cost.

Thus, the maximization process could be described as follows:

$$\begin{aligned} \max_{P_A^{DF}} \Pi : [P_A^{DF} - C_A^{DF} - P_A^{UF}] \cdot X_A^{DF} \\ \text{s.t.} \\ P_A^{UF} = (P_A^{DF} - C_A^{DF}) - (1 - \beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})] \end{aligned} \quad (9)$$

Notice that given we are assuming that the Down Firm is a monopoly, then her decision is relying on the price instead of the quantity. As you can see in the Appendix 3, after the maximization process, the optimal price in the downstream market for the Down Firm is:

$$P_A^{DF} \left(1 + \frac{1}{\mu}\right) > C_A^{UF} + C_A^{DF} \quad (10)$$

The equation (10) is showing us that the price in the Downstream Market is higher than the Marginal Cost. This price is creating inefficiencies in the allocation of resources in the market. In fact, due to the presence of the patented good, the Down Firm has incentives to transfer that over cost to the consumer, which is a representation of a *hold-up problem*.

2.3.3. Optimal Production in the Patented Market

In this case, the Upper Firm decides how much is going to invest in R+D in order to maintain the property right and produce the patented good. We have assumed that the patented good is a production factor of the downstream market, thus the decision of production in the Upper Market is described by the following maximization process:

$$\begin{aligned} \max_{P_A^{UF}} \Pi : P_A^{UF} \cdot X_A^{DF} - C_A^{UF}(I_A) \cdot X_A^{DF} \\ \text{s.t.} \\ P_A^{UF} = (P_A^{DF} - C_A^{DF}) - (1 - \beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})] \end{aligned} \quad (11)$$

Following Dixit and Stiglitz (1977), Krugman (1979) and Wes (2000), we assume that the Upper Firm decides the Investment amount in order to produce. In fact, the cost function has decreasing marginal returns, which

implies that the more investment the firm does, the lower the marginal cost of producing the patented good is.

The first order condition to the equation (11) shows us that:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_A^{UF}}{\partial I_A} : (1 - \beta) \left[\frac{\partial C_A^{UF}}{\partial I_A} \right] X_A^{DF} \\ - C_A^{DF}(I_A) X_A^{DF} - I_A \\ = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

In the equation (12) we can see that due to the fact that there is not an specific function to describe the cost function for the Upper Firm, we use a partial derivative in order to show what the relationship between the Investment in R+D and the cost is. Indeed, solving the equation (12) to this partial derivative we get:

$$\frac{\partial C_A^{UF}}{\partial I_A} = -\frac{1}{\beta X_A^{DF}} \quad (13)$$

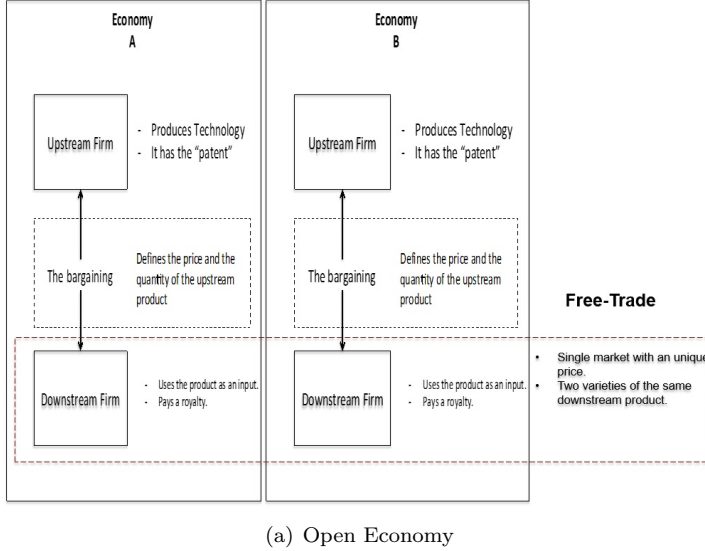
The equation (13) shows optimal decision of investment to the Upper Firm. If we make a marginal analysis we get the following:

1. $\frac{\partial \left(\frac{\partial C_A^{UF}(I_A)}{\partial I_A} \right)}{\partial \beta} = \frac{1}{\beta^2 X_A^{DF}} > 0$ If the share that belongs to the Upper Firm in the downstream market rises, the firm has more incentives to invest.
2. $\frac{\partial \left(\frac{\partial C_A^{UF}(I_A)}{\partial I_A} \right)}{\partial X_A^{DF}} = \frac{1}{\beta (X_A^{DF})^2} > 0$ If the demand of the Down Firm good rises, the Upper Firm has more incentives to invest.

Thus, we can establish that the decision of investment in R+D is strictly depending on the downstream market and the market power that the patent gives to the Upper Firm. This is very interesting due to the fact that we are linking the patent to a vertical market with the condition that the patented good is part of a production chain of another firm and even when this is the structure of a *hold-up problem*, the symbiotic relationship is the key to understand that both firms have incentives to cooperate in order to survive.

2.4. Open Economy

The modelling process of the Open Economy has the particularity of maintaining the structure of the patent; that is, we are going to open exclusively the downstream market and keep the upper market closed (See Figure 1). This assumption is made with the purpose to understand that even when there is protected market by a patent, the international trade could enhance the terms of trade.

FIGURE 1. Structure of the International Trade

(a) Open Economy

In fact, in an open economy, given the vertical integration, both levels of the integration have to adjust to the new scenario. Therefore, we are going to assume that there are two economies (two countries), both similar in every single aspect (size, technology, human capital, etc), there are no transportation costs and no export barriers.

Following to [Krugman \(1979\)](#), we are going to use a composite demand to model the possibility that in an Open Economy (OE) a representative consumer has different goods produced domestically or abroad. This composite demand is represented by:

$$X_{OE}^{DF} = \left[(X_{h,oe}^{DF})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (X_{f,oe}^{DF})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (14)$$

Where the subscripts h and f represents that the demanded good is produced at *home* or *abroad*, respectively. We assume that σ is the substitution elasticity in an open economy ($\sigma = \frac{1}{1-\rho}$), and this substitution elasticity is $\sigma > 1$ in order to ensure that the quantities demanded are elastic with respect to the price.

Likewise, we use a composite price to differentiate the prices of the varieties produced domestically or abroad. Following to [Dixit and Stiglitz \(1977\)](#), we can describe the composite price as:

$$P_t^d = \left[(P_{h,t}^d)^{1-\sigma} + (P_{f,t}^d)^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (15)$$

We can see that the consumer maximization process does not change because we are still using the same

assumptions in the consumer's preferences. Therefore, the Marshall Demand in the downstream market is still the same. However, the decision of each firm in the downstream market changes due to the competition imposed by the Open Economy.

2.4.1. Open Economy: Monopolistic Competition

Following to [Krugman \(1979\)](#), we are going to assume that in the downstream market there is a duopoly: two monopolies, each one in a different country, selling a variety of the same product, and facing a hold-up problem.

The duopoly competition is described by:

$$\begin{aligned} \max_{P_{i,oe}^{DF}} \pi_{i,oe}^{DF} &= [P_{i,oe}^{DF} - C_{i,oe}^{DF} - P_{i,oe}^{UF}] \cdot X_{i,oe}^{DF} (P_{h,oe}^{DF}, P_{f,oe}^{DF}) \\ &\quad s.t. \\ P_{i,oe}^{UF} &= (P_{i,oe}^{DF} - C_{i,oe}^{DF}) - (1 - \beta) [C_{i,oe}^{UF} - (P_{i,oe}^{DF} - C_{i,oe}^{DF})] \\ &\quad i = h, f \end{aligned} \quad (16)$$

Notice that in the equation (16), both monopolies face the same maximization process. However, the difference with a Closed Economy relies on the Marshallian Demand that depends on two prices, which means that the demand of a country is supplied not only by the national production, but also by the foreign production. The price of each variety will determine the decision of buying, and the duopoly competition will be determined by a price competition.

Finding the First Order Conditions and solving to the price, we get the following (See Appendix 4):

$$(P_{i,oe}^{DF}) \cdot \left[1 - \frac{1}{\sigma} \right] = C_{i,oe}^{DF} + C_{i,oe}^{UF} \quad (17)$$

The equation (17) shows the monopoly price in a duopoly competition. We can see that this price is similar to the price that we found in the equation (10), which represents the optimal price to the monopoly in a closed economy. The main difference is that in an open economy the price depends on the substitution elasticity instead of the price elasticity of demand.

In fact, in this scenario, if the substitution elasticity increases, the price decreases due to a higher substitution elasticity. This implies that the good is more likely to be substituted.

2.4.2. Closed Economy versus Open Economy

We can see that in an open economy there still are inefficiencies typical of a monopoly market. However, this is consequence of introducing a patent, in order to protect the property rights of an idea, the patent creates a hold-up problem.

Nevertheless, to identify if the International Trade reduces those inefficiencies we have to compare the optimal prices described in the equations (10) and (17). If $\sigma > \mu$ the final price that is charged in the downstream market would be lower, which means that even in a monopoly structure, the competition that has been introduced by the international trade reduces those inefficiencies.

In fact, in theory σ is higher than μ because the substitution elasticity is the elasticity of a single variety and it should be higher than the price elasticity of the demand of the whole market. Consumers are more sensitive to changes in the prices of goods that have different substitutes. The more varieties a product has, the consumers will decide to consume those that are cheaper.

Now, if we guarantee that the price in the open economy scenario is lower than in a closed economy, this ensures that the quantity produced in the downstream market should be higher. Comparing the Marshall demands in both scenarios we have the following:

$$\frac{X_{i,OE}^{DF}}{X_{OE}^{DF}} = \frac{(P_A^{DF})^\mu}{(P_{i,OE}^{DF})^\sigma} \cdot (P_{OE}^{DF})^{\sigma-\mu} > 1 \quad (18)$$

In the equation (18) we can see that when we make the comparison between quantities produced in the downstream markets, the relationship between them ends up being between the market prices in the different scenarios. In fact, we can see that given the structure of the prices, $\frac{X_{i,OE}^{DF}}{X_{OE}^{DF}} > 0$, which means that in an open economy, the competition allows the firms to produce more, which results in an increase in the demand for patented goods and then in more investment in R + D (see Appendix 5).

Therefore, the International Trade in our model maintains the prerogatives of the patent in order to protect the incentives of making investment in R+D, but reduces the inefficiencies that the patent creates because there is an increase in the competition in the downstream market.

3. EMPIRICAL MODEL

Shapiro (2001) defines a standard-essential patent (SEP) as a patent that claims for the property right of an invention that must be used to comply with a technical standard.

The key step in order to prove empirically the theoretical model presented in the Section 2 is to define SEP-reliant industries in order to see if their behavior under an international trade scenario has allowed them

SEP-RELIANT INDUSTRIES	NON SEP-RELIANT INDUSTRIES
Telephone	Test equipment for electrical, radio, and communication circuits and motor.
Calculators	Watches.
Televisions	New cars.
Computers	Host computers, multiusers (mainframes, UNIX, and PC servers).
Audio equipment	Coin operated.
Photographic equipment	Amusement machines.
Video, audio, and information processing equipment and media.	

Source: Galetovic, Haber and Levine (2015)

TABLE 1: Definition of Sep-reliant Industries

SEP-RELIANT INDUSTRIES	NON SEP-RELIANT INDUSTRIES
<i>Classified by ISIC (Rev 3)</i>	
30. Office, accounting and computing machinery.	29. Machinery and equipment, n.e.c.
31. Electrical machinery and apparatus n.e.c.	33. Medical, precision and optical instruments, watches and clocks (instruments)
32. Radio, TV and communications equipment and apparatus	34. Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers.
	35. Other Transport Equipment

Source: The Author

TABLE 2: Correlative table

to invest more in R+D given that the more competition creates incentives to produce more.

3.1. Definition: SEP-Reliant Industries

According to Galetovic, Haber and Levine (2015), SEP-reliant industries are defined as activities that depend substantially on the use of patents for the development of their production processes. Among these industries, they highlight the following sectors dedicated to the production of electronic and digital devices, such as computers, telephones, audio and video devices, etc (As you can see in Table 1). This is because within their characteristics they share the use of a standard technology that makes them compatible and interoperable, and for which the companies that use them must pay a royalty to the owners of their intellectual property.

Based on the previous definition and using the description of the annexes of Galetovic, Haber and Levine (2015), the OECD bases were taken by country, given that contain the investment in R+D of made by each economic sector (classified by the International Standard Industrial Classification ISIC Rev. 3). Making a correlative table, we selected the corresponding industrial sectors, separated them by the classification SEP- and NON SEP- reliant industries. This database was taken from 1998 to the last year with available information.

The industrial sectors selected by country according

Variables	Description	Units
Country	Country Name	Australia , Belgium, Canada, Czech Republic, Germany, Hungary, Italy, Japan, Korea, Mexico, Portugal, Spain, United States
CIU3	Industrial Subsectors	29 , 30 , 31, 32, 33, 34, 35
Inversion	R&D investment by ISIC	Thousand Constant US\$
Expo	Exports by ISIC	Thousand Current US\$
Impo	Imports by ISIC	Thousand Current US\$
Export	Total exports by country	Thousand Current US\$
Manufacturas	Total manufacturing exports by country	Thousand Current US\$
Mihh	HHI adjusted by manufacturing exports	
HHI	HHI by ISIC	
Apertura	Trade adjusted by added value of industry.	
Comercio	Trade as % of GDP	
iedoutputs	Foreign direct investment, net outflows	
iedin	Foreign direct investment, net inflows	
iesineta	Foreign direct investment, net	
indmil	Industry, value added	Thousand Current US\$
virindustria	Industry, value added	Current US\$

TABLE 3: Variables

to the ISIC Rev. 3 classification are shown in the Table 2. The necessity of this correlative table is due to the fact that in the OCDE databases, the investment in R+D by industry is separated in two different methodologies, which are ISIC Rev. 3 and Rev. 4. These methodologies collect different periods of time. Indeed, the ISIC Rev. 3 contains the information of investment in R+D between 1998 and 2009, whereas the Rev.4 gathers up the information between 2002 to 2014.

In order to build the data panel from 1998 to 2014, we calculated the weights that reflect the average participation of the industrial subsectors (ISIC, Rev3, at two digits) within the total R+D investment for the manufacturing industry. After that, we spliced both R+D databases throughout applying those weights to the ISIC Rev. 4 database and keeping the variation rates.

Finally, only the information for Australia, Belgium, Canada, Czech Republic, Germany, Hungary, Italy, Japan, South Korea, Mexico, Portugal, Spain and the United States was taken into account because these countries presented more consistent time series data in the period of analysis. We had to discard some countries due to lack of information and classification problems in the OCDE's database.

3.2. Data

The database is composed of seven kinds of industrial products, of which three are SEP-reliant according to the previous definition. These products are measured by country and we have a panel data with 13 countries. Additionally, we characterize each country with other variables that try to capture their external sector, such as their industrial sector and macroeconomic conditions. The variables that we used are: Investment in research and development by ISIC, exports, and imports by ISIC, Total exports and manufacturing exports by country, IHH index on manufactures by ISIC, and Openess Index of each kind of industry by

country, likewise foreign direct investment and other macroeconomic variables (see the Table 3). The period of analysis is 1998-2014. The data is measured annually.

In relation to foreign trade variables, these were extracted from the WITS database of the World Bank, at the level of ISIC Rev. 3 for the years 1998 to 2014. The Herfindahl-Hirschman Index (HHI), that measures the market concentration, was also calculated for each industrial sub-sector, and we adjusted it taking into account both country's total exports and total manufacturing exports.

On the other hand, from the World Development Indicators (WDI), database of the World Bank, we calculated the openness index of each country, and we also modified it, adjusting the index by the generation of added value of each industry by ISIC Rev. 3 (See the Appendix 6).

The values of the variables: exports and R+D are transformed into logarithms in order to avoid differences in units of measure and market sizes. We also standardized the openness and concentration indexes due to the fact that there was a huge heterogeneity among countries and industrial sectors. Thus, the standarization was made using the maximum values reported in each year.

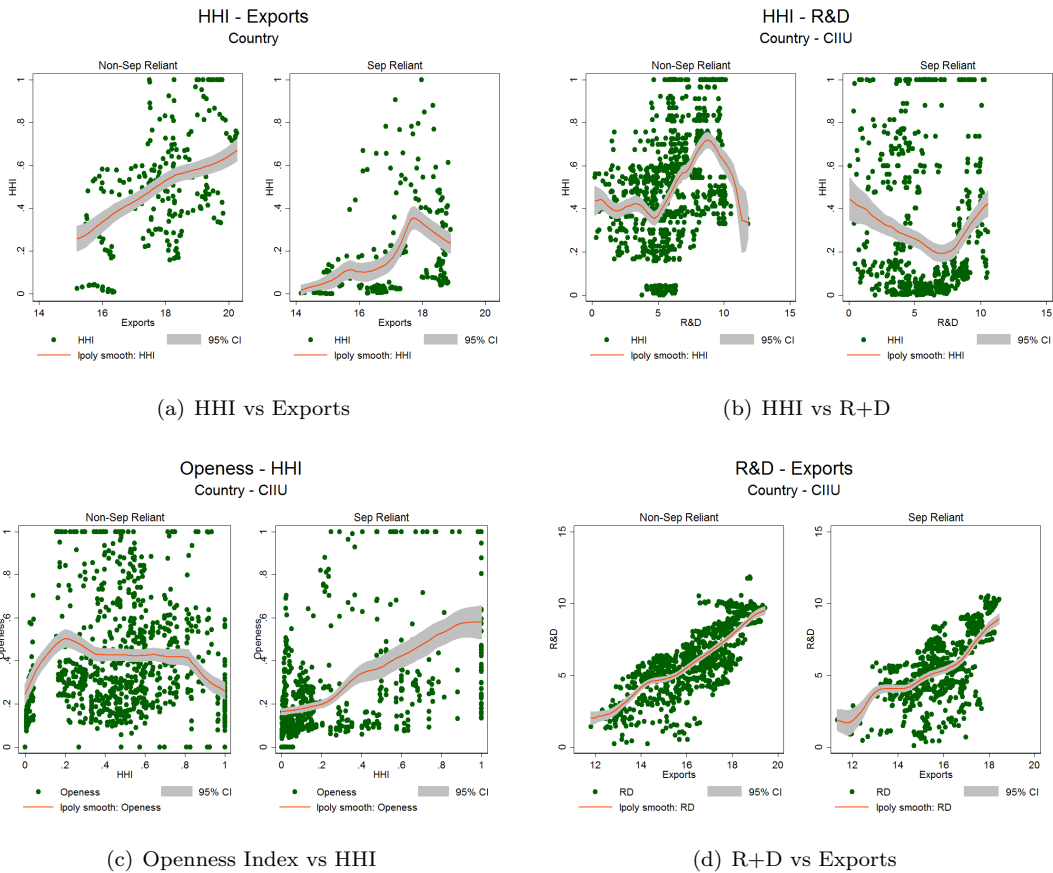
3.2.1. Data Exploration

As you can see in the Figure 2, we make an initial data exploration, trying to identify what is the relationship among the variables in the panel data.

We use a non-parametric regression in order to estimate the density function of the behavior among variables. The important thing here is that we do not impose any assumption on the global function to fit a model to the data and using subsets of the data we can identify a function that describes the deterministic part of the variation in the data, point by point.

Using this feature we can observe the following:

1. In the Figure 2(a) there is a positive correlation between HHI and level of exports. However, when we separate the behavior between the industrial subsectors we are able to identify that the SEP-Reliant sectors, that are exporting more goods, have a negative correlation, which means that, on contrary of the NON SEP-Reliant sectors, industrial sectors covered with patents are more competitive and less concentrated.
2. In the Figure 2(b) we can observe that there is a U-Shape relationship between HHI and the investment in R+D by Country. To the NON SEP-Reliant sectors the shape is inverse, which

FIGURE 2. Data Exploration (Local Polynomial Regression)

means that the sectors that have more investment in R+D, are more competitive. Nonetheless, the SEP-Reliant sectors that invest more in R+D are less competitive. This result is aligned with the conclusions of the theoretical model, since those sectors that invest more in R + D are protected by patents, which concentrates them more and makes them less competitive.

3. In the Figure 2(c) it is possible to see that the SEP-Reliant sectors have a positive correlation between their concentration level and their grade of openness, whereas to the NON SEP-Reliant sectors the correlation is negative. This shows a trade-off between concentration and openness grade, which implies that those sectors are more opened and competitive, but the more open and competitive they are, the more concentrated they become.
4. In the Figure 2(d) it shows that the relationship between the decision of investment in R+D and the level in exports is positive, which means

that the more investment in R+D the country in their industrial sectors make, those sector apparently enhance their cost structure, being more productive and thus, they could export more.

3.3. Estimation

Two sets of estimates are made: The first group of estimates is considered as a unit of analysis the country and the classification of SEP-reliant industrial sectors. The second group of models use the country as the unit of analysis.

Eight econometric estimation techniques are tested for panel data, due to the existence of observable and unobservable differences among countries. The differences in estimation methodologies include the effect of unobserved characteristics in individuals, correcting the possible estimation problems and testing different functional forms on the distribution of these effects on the explanatory variables and the error term.

We used Feasible Generalized Least Squares (GLS)

and Corrected Standard Errors for Panel Data in order to solve the problems of contemporary correlation, heteroskedasticity and autocorrelation. We also used, due to the dependence of the observations of the countries (or, in the second case, of the country product), the Generalized Equations (GEE). In these models the dependent variable is modeled assuming different joint distributions of the explanatory variables of each individual and the term of error.

Additionally, we used the Hausman - Taylor estimator, given that is an instrumental variable estimator that allows us solving the correlation of some regressors with the unobserved individual effect. We assume that the decision of exporting and making investment in R+D is endogenous and those variables present this phenomenon.

Finally, two models are estimated under the Arellano Bond methodology to observe the effects of the lag in the dependent variable.

3.3.1. Estimation Function

We have previously defined that we use two different units of analysis. Likewise, without imposing any restriction in the variables, we make two kinds of models, where we change the unit of analysis, therefore, the equations that we estimated¹ are the following:

$$\begin{aligned} (R + D)_{it} &= \alpha + \beta_{1t} \cdot Openness_{it} + \beta_{2t} \cdot HHI_{it} \\ &\quad + \beta_{3t} \cdot Exports_{it} + \gamma \cdot (R + D)_{it-1} + u_{it} \\ i &= (Country, Country - ISIC) \\ u_{it} &= \mu_{it} + \nu_{it} \end{aligned} \quad (19)$$

The idea behind of the estimation is trying to identify if the sectors that are protected by patents show a different behavior once they are exposed to more competition due to the international trade. That implies that those sectors will show a different decision about investment in R+D and the composition of their market structure.

3.3.2. Results

As you can see in the Appendix 7, we present the results of the estimations of the equation (19), using as a dependent variable the investment decision in R+D made by each Country. The results of using as a unit of analysis the combination between the country and its industrial sector as a dependent variable are in the Appendix 8.

We divided the results between the type of the industrial sector in order to make a comparison and

find differences between them.

We can observe that the level of exports has a different impact between groups. In fact, the more exports the SEP-reliant industrial sectors make, the more incentives to invest more in R+D, whereas the NON SEP-Reliant industrial sectors have a negative correlation between the investment in R+D and the level of exports of those sectors. This result is in concordance with our model because, given the vertical integration, the firms that are the owners of the patents depend exclusively on what happens with the downstream market, which means that with more foreign competition and more exports, the upper firms have more incentives to invest more in research and development in order to supply and guarantee their position in the market.

Likewise, this result is very similar when we disaggregate the behavior of each SEP-Reliant industrial sector of each country. However, whereas that for every 1% increase in the country's level of exports, there is a percentage increase in the R + D investment of 1.4%, with more disaggregation, there is a better capture of the behavior of the data and the increase is 3.1%.

Following the same argument, when we analyze the impact that the degree of openness has on the investment decision in R+D, it is obtained that for industrial sectors protected by patents the more open the market is, the more incentives to invest more. This result is similar for non-protected sectors. An increase in the openness of the country implies an investment growth of 5.2% for the protected sectors and 4.4% for the non-protected sectors.

This result is very interesting because it is telling us that an open market is a synonym of a wider flow of goods and services, which is translated into more and better knowledge and technology that the firms use to produce more efficiently. The important thing here is that this result is homogenous among industrial sectors, even when the impact is higher for those sectors that use more technology and are protected by patents.

Finally, the impact of the concentration degree of the market in the decision of investment in R+D is disparate among industrial group. In fact, for the SEP-Reliant industrial sectors, the more concentrated the market is, the more incentives to invest in R+D. This reinforces the way we model the vertical integration of the sectors that depend on patents because a patent is an exclusive right to produce a certain type of good, therefore if the HHI is higher it is due to a few firms that are producing and using better technology.

This result is completely different to the NON SEP-Reliant sectors that, given their nature, the decision of investing more in R+D depends on a market with a

¹We only use the lag of the dependent variable when we estimate a dynamic panel data.

market structure closer to the perfect competition.

4. FINAL REMARKS

Perfect competition should be the gold-rule in every single market. However, the patents are necessary if we want to promote research, technology and development. The trade-off that we face in the pursuit of protecting the new ideas is that patents create inefficiencies within the markets, increasing the cost of production and creating monopolies. However, even when this is a cost that we have to assume in order to guarantee more R+D, if the economies are more opened this cost is reduced.

The international trade is a solution to the hold-up problem that the patents introduce into the markets because it creates more competition and given the nature of the vertical integration that characterizes the use of patented goods, having markets that are not protected by tariffs or contingent goods it is a necessity in order to not only still be boosting the new technology but also reducing the disturbances that this produces within the markets.

5. REFERENCES

1. Dixit, A.K. and J.E. Stiglitz. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *American Economic Review*. 67, 297-308.
2. Galetovic, A., Haber, S. and Ross Levine. (2015). An Empirical Examination of Patent Holdup. *Journal of Competition Law and Economics*, Volume 11, Issue 3, 1 September 2015, Pages 549 - 578.
3. Ellingsen, Tore and Magnus Johannesson. (2004). Is There a Hold-Up Problem?. *The Scandinavian Journal of Economics*. Vol. 106, No. 3, Behavioral Economics (Sep., 2004), pp. 475-494
4. Krugman, Paul R.. (1979). Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. *Journal of International Economics*, Elsevier, vol. 9(4), pages 469-479, November.
5. Neary, J.P.. (2004). Monopolistic competition and international trade theory. In *The Monopolistic Competition Revolution in Retrospect*. Edited by S. Brakman and B. J. Heijdra, 159-184. Cambridge University Press.
6. Shapiro, Carl. (2001). *Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard-Setting*. Innovation Policy and the Economy, Volume I, MIT Press.
7. Wes, Marina. (2000). International Trade, Bargaining and Efficiency: The Holdup Problem. *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 102, No. 1, March 2000.

APPENDIX

Appendix 1: Optimal Consumption of Each Variety

In this Appendix we are going to show how the Down Firm decides her optimal consumption of each variety of the patented production factor.

First, the optimization process is described by:

$$\mathcal{L} = \left[\sum_i^n x_{a,i}^\rho \right]^{1/\rho} - \lambda \left(\sum_i^n p_{a,i} \cdot x_{a,i} - s(q) \cdot I \right) \quad (20)$$

The first order condititions are given by:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_{a,i}} = y^{1-\rho} \cdot \lambda \cdot p_{a,i} = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = \sum_i^n p_{a,i} \cdot x_{a,i} - s(q) \cdot I = 0 \quad (22)$$

If we solve the first first-order condition for $x_{a,i}$, we have the following:

$$x_{a,i} = y \cdot (\lambda \cdot p_{a,i})^{\frac{1}{(\rho-1)}} \quad (23)$$

Thus, putting (23) into (22) and solving for λ we get:

$$\lambda^{\frac{1}{(\rho-1)}} = \frac{s(q) \cdot I}{y} \cdot \left[\sum_i^n p_{a,i}^{\frac{\rho}{(\rho-1)}} \right]^{-1} \quad (24)$$

Using the same assumptions of [Dixit and Stiglitz \(1977\)](#), we transform the equation (24) summing over i and raising the expression to the power ρ of:

$$y = \frac{s(q) \cdot I}{\left[\sum_i^n p_{a,i}^{\frac{\rho}{(\rho-1)}} \right]^{\frac{(\rho-1)}{\rho}}} = \frac{s(q) \cdot I}{[q]^{\frac{(\rho-1)}{\rho}}} \quad (25)$$

Additionally, [Dixit and Stiglitz \(1977\)](#) assume that $I = 1$ because the initial endowment is normalized and the consumer surplus is zero, given that there is a monopoly competition. Then, the optimal marshallian demand in this context is described by:

$$y = \frac{s(q)}{[q]^{\frac{(\rho-1)}{\rho}}} \quad (26)$$

Appendix 2: Optimal Structure of the Royalty

$$\begin{aligned} \max_{P_A^{UF}} \Pi = & [(P_A^{UF} - C_A^{UF}) \cdot X_A^M]^\beta [(P_A^{DF} - C_A^{DF} - P_A^{UF}) \cdot X_A^M]^{1-\beta} \\ & \frac{\partial \Pi}{\partial P_A^{UF}} : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1-\beta) [(P_A^{DF} - C_A^{UF} - P_A^{UF}) X_A^{DF}]^{-\beta} (-X_A^{DF}) [(P_A^{UF} - C_A^{UF}) D_A^{DF}]^\beta \\ + \\ [(P_A^{DF} - C_A^{UF} - P_A^{UF}) X_A^{DF}]^{1-\beta} \beta [(P_A^{UF} - C_A^{UF}) D_A^{DF}]^{\beta-1} (X_A^{DF}) \\ = 0 \end{aligned}$$

Solving for P_A^{UF} , we get the following:

$$P_A^{UF} = (P_A^{DF} - C_A^{DF}) - (1-\beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})] \quad (27)$$

Which is the same equation that we found in (8).

Appendix 3: Down Firm Maximization Process with the Royalty

The Down Firm Maximization Process is described by:

$$\begin{aligned} \max_{P_A^{DF}} \Pi : [P_A^{DF} - C_A^{DF} - P_A^{UF}] \cdot X_A^{DF} \\ \text{s.t.} \\ P_A^{UF} = (P_A^{DF} - C_A^{DF}) - (1-\beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})] \end{aligned} \quad (28)$$

If we introduce the constraint into the objective function, we would have:

$$\max_{P_A^{DF}} \Pi : [-(1-\beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})]] \cdot X_A^{DF} \quad (29)$$

Now, we have demonstrated in the [Appendix 1](#) that the Marshallian Demand for the Downstream Market is given by $y = s(q) \cdot [q]^{-\mu}$. Due to the fact that in this closed economy there is only one monopoly, we know that the Index Price of each patented variety is only the price of the royalty, then $q = P_A^{UF}$.

Introducing the Marshallian Demand in the Maximization process, we would have the following:

$$\max_{P_A^{DF}} \Pi : [-(1-\beta) [C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF})]] \cdot s \cdot [P_A^{DF}]^{-\mu} \quad (30)$$

Finding the First Order Condition, we get the following:

$$\begin{aligned} (1-\beta) [s (P_A^{DF})^{-\mu}] + \\ [-(1-\beta) (C_A^{UF} - (P_A^{DF} - C_A^{DF}))] [-\mu s (P_A^{DF})^{\mu-1}] \\ = 0 \end{aligned} \quad (31)$$

Solving to P_A^{DF} we get the following:

$$P_A^{DF} \left(1 - \frac{1}{\mu} \right) = C_A^{UF} + C_A^{DF} \quad (32)$$

Which is the same representation of the price in a monopoly structure. We assume that, given the price-elasticity is negative, that is, $\mu < 0$, and the Down Firm is a Monopoly ($\mu < 1$), the equation would be:

$$P_A^{DF} \left(1 + \frac{1}{\mu}\right) > C_A^{UF} + C_A^{DF} \quad (33)$$

Which implies that the final price in the Downstream Market is higher than the marginal cost.

Appendix 4: Duopoly Competition in International Trade

We start saying that only the downstream market is opened. Following the assumptions of Dixit and Stiglitz (1977), Krugman (1979) and Wes (2000) about composite demand and price, we establish that the maximization process of each firm in that market could be described as:

$$\begin{aligned} \max_{P_{i,oe}^{DF}} \pi_{i,oe}^{DF} &= [P_{i,oe}^{DF} - C_{i,oe}^{DF} - P_{i,oe}^{UF}] \cdot X_{i,oe}^{DF} (P_{h,oe}^{DF}, P_{f,oe}^{DF}) \\ &\quad s.t. \\ P_{i,oe}^{UF} &= (P_{i,oe}^{DF} - C_{i,oe}^{DF}) - (1 - \beta) [C_{i,oe}^{UF} - (P_{i,oe}^{DF} - C_{i,oe}^{DF})] \\ &\quad i = h, f \end{aligned} \quad (34)$$

We assume that the demand function in this opened market is given by a composite function of two varieties (Economy A and Economy B), given by:

$$X_{i,oe}^{DF} = X_{oe}^{DF} \left(\frac{P_{j,oe}^{DF}}{P_{i,oe}^{DF}} \right)^\sigma \quad (35)$$

Then, if we introduce this type of demand and the restriction into the objective function, the maximization function would be:

$$\begin{aligned} \max_{P_{i,oe}^{DF}} \pi_{i,oe}^{DF} : \\ [- (1 - \beta) [C_{i,oe}^{UF} - P_{i,oe}^{DF} + C_{i,oe}^{DF}]] \cdot X_{i,oe}^{DF} \left(\frac{P_{j,oe}^{DF}}{P_{i,oe}^{DF}} \right)^\sigma \end{aligned} \quad (36)$$

The first order condition is:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{i,oe}^{DF}}{\partial P_{i,oe}^{DF}} : \\ (1 - \beta) X_{i,oe}^{DF} \left(\frac{P_{j,oe}^{DF}}{P_{i,oe}^{DF}} \right)^\sigma + \\ \left[- (1 - \beta) [C_{i,oe}^{UF} - P_{i,oe}^{DF} + C_{i,oe}^{DF}] X_{i,oe}^{DF} (-\sigma) \frac{(P_{i,oe}^{DF})^\sigma}{(P_{i,oe}^{DF})^{-\sigma-1}} \right] \\ = 0 \end{aligned} \quad (37)$$

Solving to the price we get:

$$(P_{i,oe}^{DF}) \cdot \left[1 - \frac{1}{\sigma} \right] = C_{i,oe}^{DF} + C_{i,oe}^{UF} \quad (38)$$

Appendix 5: Comparison between quantities

We have previously shown that the Marshall Demand in the Closed Economy is described by: $X_A^{DF} = S(P_A^{DF})^{-\mu}$.

Likewise, the Marshall Demand in the Open Economy is also described by: $X_{i,OE}^{DF} = X_{OE}^{DF} \cdot \left(\frac{P_{OE}^{DF}}{P_{i,OE}^{DF}} \right)^\sigma$. Therefore, if we build a ration between quantities we have:

$$\begin{aligned} \frac{X_{i,OE}^{DF}}{X_{OE}^{DF}} &= \frac{S(P_{OE}^{DF})^{-\mu} \cdot \left(\frac{P_{OE}^{DF}}{P_{i,OE}^{DF}} \right)^\sigma}{S(P_A^{DF})^{-\mu}} \\ \frac{(P_A^{DF})^\mu}{(P_{i,OE}^{DF})^\sigma} \cdot (P_{OE}^{DF})^{\sigma-\mu} &> 1 \end{aligned} \quad (39)$$

As we can see, in the equation (38), given the structure of the demands, the ratio between quantities ens up being a relationship between prices. As we have demonstrated the price in an open economy is lower than in closed economy. Therefore, the Numerator is bigger than the denominator, and thus the ratio is greater than 1, which means that the quantity produced in the Open Economy scenario is higher.

Appendix 6: Variables

In this Appendix we built two tables in order to show what sort of variables we used in the paneldata.

As you can see, the panel data is balanced and the observations are measured by the same individuals. Depending on the econometric exercise the individual could be the country or the industrial subsector classified by ISIC Rev. 3.

Country	SEP Reliant	Exports	R&D	Openess	HHI
Australia	0	15.95	6.07	21%	2%
	1	14.80	5.20	21%	0%
Belgium	0	16.99	6.22	100%	23%
	1	15.69	6.38	100%	1%
Canada	0	18.33	7.56	36%	54%
	1	16.53	7.73	36%	1%
Czech Republic	0	17.05	6.77	71%	57%
	1	16.55	5.03	71%	18%
Germany	0	19.79	9.02	37%	80%
	1	18.51	7.44	37%	7%
Hungary	0	16.66	4.92	79%	51%
	1	16.76	4.78	79%	55%
Italy	0	18.63	8.54	26%	63%
	1	17.02	7.71	26%	3%
Japan	0	19.42	10.33	14%	99%
	1	18.64	10.35	14%	30%
Korea	0	18.34	8.73	42%	36%
	1	18.27	9.50	42%	61%
Mexico	0	18.04	5.94	33%	53%
	1	18.02	4.87	33%	42%
Portugal	0	15.93	4.59	33%	26%
	1	15.30	4.50	33%	8%
Spain	0	17.94	7.56	26%	67%
	1	16.41	6.37	26%	3%
United States	0	19.51	11.45	13%	43%
	1	18.62	10.34	13%	12%

TABLE 4: Country

Country	SEP Reliant	Exports	R&D	Openess	HHI
Australia	0	14.49	4.71	21%	2%
	1	13.69	4.01	21%	0%
Belgium	0	15.27	4.82	100%	23%
	1	14.61	4.68	100%	2%
Canada	0	16.50	5.93	36%	54%
	1	15.34	5.74	36%	2%
Czech Republic	0	15.12	5.07	71%	57%
	1	15.39	3.12	71%	30%
Germany	0	18.18	7.37	37%	80%
	1	17.33	6.34	37%	11%
Hungary	0	14.55	2.90	79%	51%
	1	15.55	2.97	79%	83%
Italy	0	16.89	7.08	26%	63%
	1	15.68	6.07	26%	4%
Japan	0	17.82	8.43	14%	99%
	1	17.30	7.64	14%	44%
Korea	0	16.85	6.98	42%	36%
	1	16.82	7.21	42%	91%
Mexico	0	16.12	2.94	33%	53%
	1	16.85	3.19	33%	64%
Portugal	0	14.04	2.81	33%	26%
	1	13.84	2.80	33%	11%
Spain	0	16.04	5.85	26%	67%
	1	15.03	5.08	26%	5%
United States	0	18.02	9.89	13%	43%
	1	17.46	8.89	13%	17%

TABLE 5: Country - ISIC

Appendix 7: Results using Country as a Dependent Variable

In this Appendix we show the results of the estimation of the equation (19), where we present two different models, changing the dependent variable. The results are shown in the following tables:

VARIABLES	PCSE	GTLS	GEE (GAUSSIAN - IDENTITY)	GEE (GAUSSIAN - POWER (1))	ARELLANO BOND	ARELLANO BOND
R&D (-1)					-0.0741 (0.0609)	-0.202*** (0.0580)
R&D (-2)					0.624*** (0.0500)	
Exports	1.820*** (0.182)	2.410*** (0.161)	1.352** (0.609)	1.352** (0.609)	0.563*** (0.150)	0.636*** (0.178)
Openess (Country)	0.036*** (0.694)	0.048*** (0.612)	0.086 (1.904)	0.086 (1.904)	0.071* (0.972)	0.0528* (1.971)
HHI	0.391*** (0.0211)	0.0552*** (0.00879)	0.192*** (0.0368)	0.192*** (0.0368)	0.0115** (0.00518)	0.00971** (0.00474)
Constant	-2.053 (2.103)	1.505 (1.507)	4.924** (2.203)	4.924** (2.203)	-2.187 (8.732)	-10.24 (17.37)

Observations	221	221	221	221	182	195
R-squared	0.279					
Number of grupo	13	13	13	13	13	13

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

TABLE 6: R&D - SEP

VARIABLES	PCSE	GTLS	GEE (GAUSSIAN - IDENTITY)	GEE (GAUSSIAN - POWER (1))	ARELLANO BOND	ARELLANO BOND
R&D (-1)					-0.133 (0.0919)	-0.211*** (0.0662)
R&D (-2)					0.487*** (0.0629)	
Exports	-2.519*** (0.638)	-2.630*** (0.551)	3.269 (2.107)	3.269 (2.107)	-2.747 (1.750)	-5.104*** (1.382)
Openess (Country)	0.059*** (0.121)	0.039*** (0.0791)	0.0968 (0.0986)	0.0968 (0.0986)	0.0946 (0.332)	0.021 (0.380)
HHI	-0.219* (0.559)	-0.198 (0.317)	-0.359 (1.203)	-0.359 (1.203)	-0.124** (0.850)	-0.131** (1.344)
Constant	-1.913 (2.134)	1.421 (1.511)	5.130*** (1.838)	5.130*** (1.838)	6.549 (5.956)	3.691 (7.037)

Observations	221	221	221	221	182	195
R-squared	0.389					
Number of grupo	13	13	13	13	13	13

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

TABLE 7: R&D - NO SEP

Appendix 8: Results using Country-ISIC as a Dependent Variable

In this Appendix we show the results of the estimation of the equation (19), where we present two different models, changing the dependent variable. The results are shown in the following tables:

VARIABLES	PCSE	GTLS	GEE (GAUSSIAN - IDENTITY)	GEE (GAUSSIAN - POWER (1))	ARELLANO BOND	ARELLANO BOND
R&D (-1)					-0.0106 (0.0296)	-0.165*** (0.0569)
R&D (-2)					0.507*** (0.0491)	
Exports	1.982*** (0.330)	2.661*** (0.265)	4.664*** (1.155)	4.664*** (1.155)	1.724* (1.025)	4.800*** (1.643)
Openess (Country - ISIC)	0.096*** (0.0482)	0.072*** (0.0306)	0.129** (0.0602)	0.129** (0.0602)	0.0346 (0.0991)	0.063*** (0.117)
HHI	0.312*** (0.0487)	0.0323** (0.0143)	0.225*** (0.0787)	0.225*** (0.0787)	0.00941 (0)	0.00729** (0.00357)
Constant	-4.896*** (0.787)	1.996*** (0.538)	2.334** (1.064)	2.334** (1.064)	3.352** (1.695)	-0.390 (2.099)

Observations	884	884	884	884	728	780
R-squared	0.410					
Number of grupo	52	52	52	52	52	52

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

TABLE 8: R&D - SEP ISIC

VARIABLES	PCSE	GTLS	GEE (GAUSSIAN - IDENTITY)	GEE (GAUSSIAN - POWER (1))	ARELLANO BOND	ARELLANO BOND
R&D (-1)					0.0705 (0.0501)	0.0269 (0.103)
R&D (-2)					0.416*** (0.115)	
Exports	-2.696*** (0.0673)	-2.295*** (0.0471)	3.0670 (0.0692)	3.0670 (0.0692)	-3.170 (0.272)	-4.0828 (0.366)
Openess (Country - ISIC)	0.079*** (0.453)	0.033*** (0.350)	0.103 (1.610)	0.103 (1.610)	0.095 (1.850)	0.038 (1.524)
HHI	-0.285*** (0.330)	0.220 (0.237)	-0.293 (1.120)	-0.293 (1.120)	-0.356 (0.941)	-0.335 (0.726)
Constant	-4.500*** (1.073)	1.820** (0.763)	3.506** (1.381)	3.506** (1.381)	6.080 (4.387)	6.423 (5.599)

Observations	663	663	663	663	546	585
R-squared	0.267					
Number of grupo	39	39	39	39	39	39

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

TABLE 9: R&D - NON SEP ISIC

Diversificación y concentración de las exportaciones colombianas

DAVID IBÁÑEZ - MARCO BERMUDEZ

Oficina de estudios economicos

Email: dibanez@mincit.gov.co - mbermudez@mincit.gov.co

El presente artículo tiene como objetivo hacer un análisis de política comparada de los procesos de diversificación y concentración de las exportaciones mundiales y latinoamericanas, haciendo un énfasis en la evolución y modificación de la cesta exportadora colombiana en las últimas décadas. Se muestra que existe una tensión importante en la región entre diversificar productos y concentrarse en sectores productivos. De hecho, las economías latinoamericanas, en particular, la de Colombia, registran una estructura exportadora basada en bienes de los sectores combustibles y extractivos, y por ende, con poco dinamismo de las ventas industriales. No obstante, a pesar de la concentración en este tipo de sectores económicos, si se ha registrado un alto grado de diversificación de bienes exportables en estos sectores.

Palabrasclave: Comercio Internacional, Diversificación, Concentración

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los dilemas de los países, en especial de los países de América Latina, es la de apoyar la exportación de bienes con alta intensidad tecnológica y cambiar la estructura exportadora. Sin embargo, dadas las condiciones del mercado internacional los países latinoamericanos enfrentan la disyuntiva entre especializarse en bienes en los cuales se tiene ventaja comparativa y tiene abundancia en los factores (en recursos naturales y bienes primarios), o tratar de tener una cesta exportable más amplia y con mayor intensidad tecnológica.

Para el análisis de la diversificación de productos y de mercados es necesario tener en cuenta que las dinámicas de los mercados, las condiciones iniciales de los países, la firma de acuerdos que creen preferencias arancelarias y de tratados de libre comercio, como las decisiones de política económica en los ámbitos nacional y extranjero, son los determinantes para entender la posición de los países en materia de comercio internacional y su comportamiento diversificador.

En el presente documento se analizará la dinámica exportadora en el mundo y las clases de bienes que se están transando a nivel global. Posteriormente, se evaluará el comportamiento de las exportaciones

de Colombia, para de esta forma entender cómo se entrelaza el país con la dinámica global, cómo ha sido su evolución en el mercado internacional, y mirar cómo ha cambiado su cesta exportadora con intensidad tecnológica, su nivel de diversificación y su cambio en los últimos años, todo esto siempre a la luz de una mirada de política comparada.

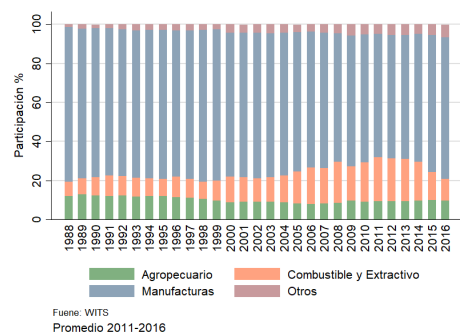
2. ¿QUÉ SE ESTÁ EXPORTANDO EN EL MUNDO?

Históricamente el mayor porcentaje de bienes transados a nivel mundial son bienes de manufacturas. Tal como se puede observar en la Figura 1a, tomando los valores promedio de las exportaciones para el período 2011-2016, las exportaciones de este tipo de bienes representaron el 66,4 % del total de ventas del mundo, seguido de combustibles y productos extractivos con 18,5 %, mientras que la participación en bienes agropecuarios fue de 9,6 % y otros productos con 5,5 %¹.

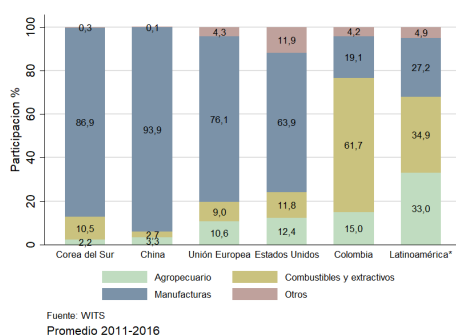
Los países desarrollados son los mayores productores de bienes manufacturados y por lo tanto los que

¹Corresponden a al CUCI rev 3. Los productos agropecuarios corresponden a las secciones 0,1,2,4, menos la 27-28. Los combustibles y productos mineros, la sección 3, 27, 28 y 68. Las manufacturas secciones 5, 6, 7, 8 menos 68 y 891. Otros, sección 9 más 891.

FIGURA 1. Exportaciones del mundo



(a) Participación del total



(b) Clases de exportación por Regiones

comercian en el mercado internacional más de este tipo de bienes, como proporción de su cesta exportadora. De hecho, al observar cómo ha sido la conformación de la cesta exportadora de los países desarrollados en promedio, entre 2011-2016, más del 70 % de las exportaciones de Estados Unidos, Unión Europea o Corea correspondieron a bienes manufacturados, mientras que en Latinoamérica y Caribe (sin México), ese porcentaje se ubicó en 27,2 % y en Colombia fue de 19,1 % (Véase 1b). Esto enmarca un mercado internacional altamente especializado, donde son los países desarrollados economías con un nivel de producción acumulada bastante amplio, que ha permitido que la especialización de productos sea un hecho.

En la Tabla 1 se calculan las proporciones de las cestas exportadoras de algunos países latinoamericanos. En particular, los países latinoamericanos como Ecuador, Chile, Perú y Colombia, las exportaciones manufactureras no representaron más del 20 % del total de sus ventas. Brasil, que es el país de la región que está más diversificado, la proporción de bienes manufacturados dentro de su cesta exportadora alcanzó

el 36,5 %, participación que es relativamente alta en comparación con la región, pero bastante baja si se compara con las dinámicas del mundo.

México, es la excepción de la regla en la región. De hecho, la participación de los productos manufacturados dentro de su cesta exportadora superó el 75 % y se nivela con la estructura industrial de los países desarrollados. Esta característica especial de México se debe en mayor medida por la relación comercial con Estados Unidos y fundamentalmente por la tercerización de la actividad industrias de Estados Unidos en México. Esta condición es única en Latinoamérica, dado que ninguna relación comercial con un país latinoamericano se ha planteado de esta manera, donde la gran mayoría de empresas industriales que antes producían en Estados Unidos ahora producen desde México. Es claro que la cercanía, compartir frontera y el tratado de libre comercio han permitido que la cesta exportadora en México cambie y por esta razón más del 80 % de sus productos se vendan a Estados Unidos.

País	Agropecuarios	Combustibles-Extract.	Manufactureros	Otros
Chile	28,0	57,0	13,4	1,6
Ecuador	41,2	49,6	6,9	2,3
Perú	19,5	50,3	11,6	18,6
Colombia	15,0	61,7	19,1	4,2
México	6,8	13,8	76,7	2,7
Brasil	38,3	22,1	36,5	3,0

Participación promedio 2011-2016 del total exportado.

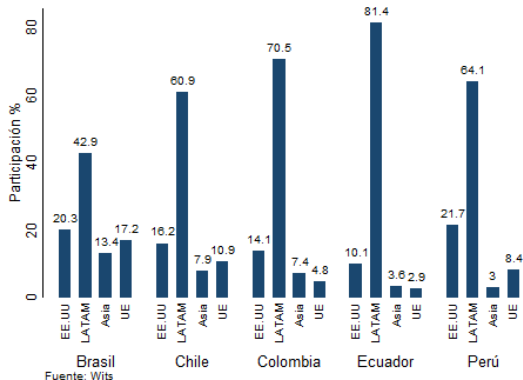
Fuente: Wits-Cálculos: OEE-Mincit

CUADRO 1: Clases de exportaciones en países latinoamericanos

En general, se evidenció una baja participación de las exportaciones manufactureras en los principales países latinoamericanos; no obstante, es importante conocer el destino de estas exportaciones. Precisamente, la mayor parte de las ventas manufactureras las venden en la misma región; por ejemplo, en promedio 2011-2016, más del 70 % de las exportaciones manufactureras de Ecuador y Colombia se dirigieron a Latinoamérica y el Caribe. Igualmente, más del 60 % de las exportaciones de Perú y Chile se vendieron en la región (Véase Figura 2).

Al analizar estos resultados se pueden tener dos interpretaciones: Primero, históricamente la región ha sido importante en el comercio de manufacturas de los países latinos debido fundamentalmente a un tema de cercanía, integración similar en cadenas productivas y mismos procesos productivos que hacen que los países latinoamericanos demanden bienes similares. Pero, a su vez, estas ventas se han concentrado en Latinoamérica fundamentalmente porque ha existido una especialización productiva y comercial en la región, que se levanta como una barrera para integrarse a otros mercados desarrollados más dinámicos y con mayor

FIGURA 2. Destino de las Exportaciones Manufactureras (Países Latinoamericanos)



(a) Participación Promedio 2011-2016

adelanto tecnológico.

2.1. Latinoamérica, concentración sin diversificación

Entre las cuatro principales partidas arancelarias exportadas por los principales países latinoamericanos en 2016, se encuentran productos extractivos o primarios, con bajo valor agregado como petróleo, carbón, café, aceites de petróleo, bananos, crustáceos, conservas de pescado, cobre, oro, minerales de cinc, habas de soya, y azúcar. Solamente México, aparece con productos manufactureros como automóviles de transporte de personas como de vehículos y partes de vehículos (Véase Figura 3).

En consecuencia una de las grandes debilidades de la estructura exportadora latinoamericana es que gran porcentaje de las ventas son bienes primarios, con bajo valor agregado. Ello supone poca diversificación exportadora y por el contrario, una alta concentración de productos exportados en pocos bienes; lo cual es una característica de los países en desarrollo y de la especialización de los mercados en el comercio internacional.

Adicionalmente, es importante conocer el comportamiento de los indicadores de diversificación y concentración de las exportaciones en los países latinoamericanos, estos índices se ubican entre 0 y 1. En el caso de la diversificación, entre más se acerque a 1 significa que la estructura exportadora del país diverge o se aleja del patrón mundial. En el caso de concentración, entre más se acerque a la unidad, equivale a un país con una estructura exportadora concentrada en pocos bienes. En la Sección final se ampliará el análisis de concentración

a través de índices comerciales (Véase Figura 4).

De acuerdo con datos Unctad, en promedio 2011-2015, países como Ecuador, Colombia, Perú y Chile, fueron países que presentaron los índices cercanos a la unidad. En distintos indicadores se encontró que los países latinoamericanos son países muy concentrados y con una estructura exportadora que diverge con la mundial. Contrario, es el comportamiento de los indicadores de los países desarrollados, con una distribución más homogénea en sus exportaciones y acorde con el patrón mundial.

De hecho, tal como se puede observar en la Figura 5, la situación exportadora primaria de los países latinoamericanos es particular cuando se compara con las demás economías del mundo. Las cuatro principales partidas anteriormente descritas en cada país latinoamericano, concentran al rededor del 50 % de la cesta exportadora, y profundiza su especialización en la producción de bienes primarios. Esta situación se refuerza debido a la volatilidad de los precios internacionales, cotizaciones que dependen de las condiciones económicas mundiales, como la demanda de las economías desarrolladas, la oferta mundial y la competitividad en el sector.

En estas condiciones, la volatilidad del precio de los *commodities* es muy alta comparada con la variación de los precios manufactureros, los cuales también se afectan en épocas de recesión, pero lo hacen a un menor ritmo y en forma menos volátil (Véase Figura 6).

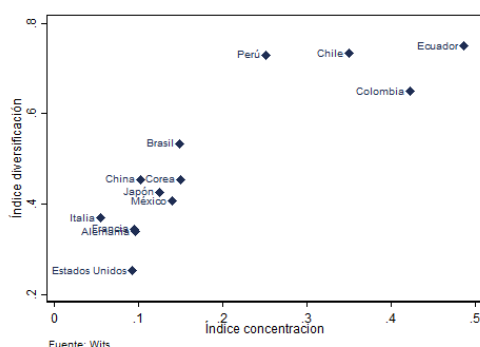
Un hecho estilizado en Comercio Internacional es que en los ciclos económicos donde se generan altos precios internacionales en los productos básicos, pueden conducir a *bonanzas exportadoras*, que se traducen en aumentos de los valores exportados en niveles superiores a los que históricamente han registrado los países y a profundizar los procesos de especialización. No se puede desconocer que uno de los papeles de la integración es la especialización y el verdadero dinamismo del sector externo depende de cómo los países aprovechan las oportunidades comerciales de aquellos bienes en los que tienen ventaja para su producción.

Esto sin desconocer que uno de los mayores contras de la especialización se explica que con incrementos en las exportaciones originadas exclusivamente por mayores precios internacionales en los productos básicos, las economías tenderán a depender más de este tipo de bienes; pero, una vez se acabe la bonaza por reducción de precios y de demanda, la caída en los valores exportados será rápida y, en el corto plazo conducirá a que los países puedan registrar déficits comerciales pronunciados.

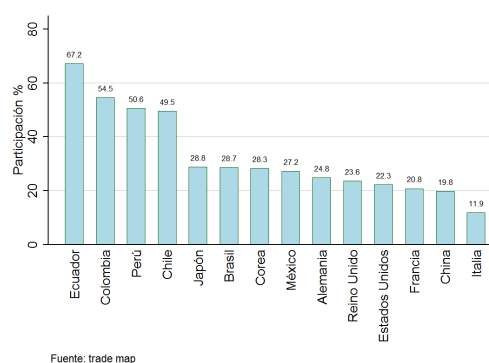
FIGURA 3. Ranking de los cuatro principales productos exportados

Partida	Descripción	Colombia	Ecuador	Chile	Perú	Brasil	México
2709	Aceites crudos de petróleo o de mineral bituminoso.	1	1			4	
2701	Hullas; briquetas, ovoides y combustibles sólidos similares, obtenidos	2					
0901	Café, incluso tostado o descafeinado; cáscara y cascavilla de café; su	3					
2710	Aceites de petróleo o de mineral bituminoso	4				3	
0803	Plátanos, incl. plátanos, frescos o secos		2				
0306	Crustáceos, incluso pelados, vivos, frescos, refrigerados		3				
1604	Preparaciones y conservas de pescado; caviar		4				
7403	Cobre refinado y aleaciones de cobre, en bruto				1	4	
2603	Minerales de cobre y sus concentrados				2	1	
4703	Pasta química, de madera, a la sosa "soda" o al sulfato				3		
0304	Filletes y demás carne de pescado, incl. picada, frescos,				4		
7108	Oro, incl. el oro platinado, en bruto, semilabrado o en polvo					2	
2608	Minerales de cinc y sus concentrados						
1201	Habas de soja, incluso quebrantadas					1	
2601	Minerales de hierro y sus concentrados					2	
1701	Azúcar de caña o de remolacha y sacarosa pura					3	
8703	Automóviles y demás vehículos para transporte de personas						1
8708	Partes de tractores, vehículos						2
8704	Vehículos para transporte de mercancías, incl. los chasis						3
8471	Máquinas automáticas para tratamiento o procesamiento de datos						4

(a) Países latinoamericanos en 2016

FIGURA 4. Índice de concentración y diversificación de las exportaciones

(a) Promedio 2011-2015

FIGURA 5. Cuatro principales partidas arancelarias exportadas en 2016

(a) Participación en el total exportado

2.2. Exportaciones por intensidad tecnológica en el mundo

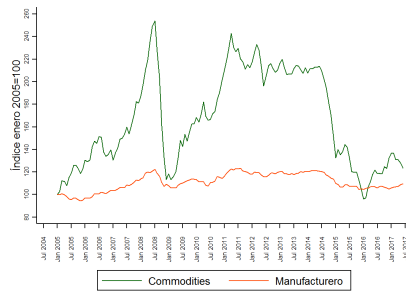
En general, la especialización produce que esta estructura comercial primaria se refleje en la composición tecnológica de los productos exportados por las regiones.

Tal como se observa en la Figura 7a, la estructura exportadora de los países desarrollados como Francia, Alemania, Japón, Italia, Corea, Estados Unidos, Reino Unido tiene como base las ventas de bienes que integran tecnología media y alta, muy diferente a la evidenciada en los países latinoamericanos como Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Colombia, donde la preponderancia son las exportaciones primarias y aquellas basadas

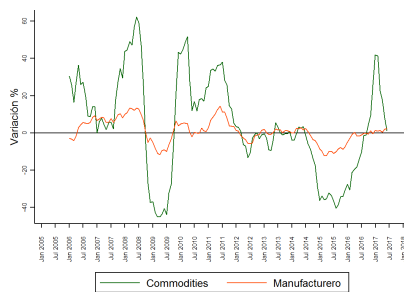
en recursos naturales. Por otra parte, la estructura de México se asemeja más a los países desarrollados debido a su cercanía geográfica con Estados Unidos y su profundización comercial debido al Tratado de Libre Comercio con este país.

De hecho, como se muestra en la Figura 7b, para 2016 más del 50 % de los bienes exportados en la mayoría de los países desarrollados referenciados integraron bienes de alta y media tecnología, mientras que países como Chile, Ecuador y Perú no superaron el 7 %. En Brasil fue de 27,1 % y en Colombia 15,3 %. Esto es una muestra de cómo Latinoamérica se ha especializado.

Con exportaciones básicamente primarias y de productos de recursos naturales, los países latinoamericanos, están integrados, en gran escala, a las cadenas mun-

FIGURA 6. Precios internacionales de los commodities y de los manufactureros

(a) Índice

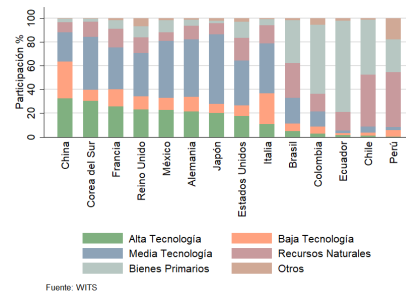


(b) Variación

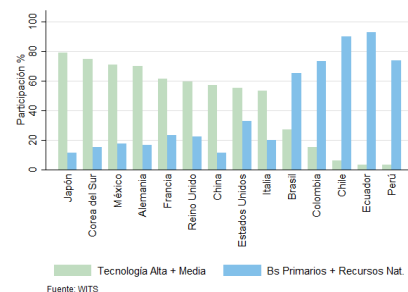
diales de valor, en la producción de bienes con intensidades tecnológicas baja y el cambio de sus estructuras exportadoras ha sido para diversificar sus productos en baja tecnología.

Lo fundamental es el mensaje inherente a la dinámica comercial y es que los países especializados en exportaciones de bienes primarios, recursos naturales y sin mayor valor agregado, mantienen unas estructuras exportadoras concentradas y poco diversificadas, que generan atrasos en sus procesos productivos por sus bajos niveles de tecnología. Por otro lado, las curvas de aprendizaje de estos países muestran que así los países latinoamericanos tengan un coste unitario menor en términos de salarios y producción, entre mayor es la producción acumulada de los países desarrollados en bienes con mayor intensidad tecnológica, es la experiencia y las difusiones de conocimiento lo que posibilita que estos países puedan tener una mayor ventaja comparativa.

El estudio de Hausmann & Hidalgo (2007) indica que hay productos que se conectan a otros productos, formando redes, mientras que existen otros bienes que están aislados, como el petróleo, la minería y la agricultura tropical. Los bienes más sofisticados están ubicados en un núcleo densamente conectado,

FIGURA 7. Exportaciones por intensidad tecnológica en 2016

(a) Participación del total



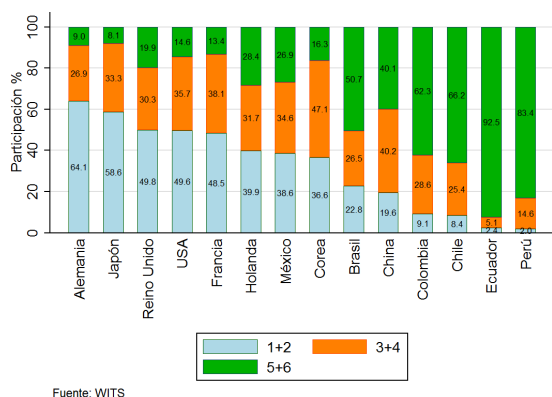
(b) Comparación Agregada

mientras que los productos menos sofisticados se ubican en la periferia, menos conectada. Regionalmente encontraron que los países industrializados ocupaban el núcleo, compuesto de maquinaria, productos metálicos y productos químicos, pero también participaban en productos de periferia como textiles, forestales y la agricultura animal. Los países de Asia Oriental desarrollaron ventajas en las prendas, la electrónica y los textiles, mientras que América Latina y el Caribe están en la periferia, con minería, agricultura y prendas de vestir. En general, los países más pobres tienden a situarse en la periferia, donde el avance hacia nuevos productos es más difícil de lograr, por la diferencia en las capacidades de producción, por ejemplo, es diferente la capacidad para producir manzanas que electrodomésticos.

Acorde con ello, Felipe et al (2011), utilizando la metodología de Hausmann, concluyen que para la transformación de la estructura económica de un país es necesario la producción y exportación de productos con mayor complejidad; así mismo, que los principales exportadores de bienes más complejos son los países de altos ingresos.

Este último estudio, clasificó a 124 países teniendo presente la complejidad de las exportaciones, de mayor

FIGURA 8. Grado de complejidad de las exportaciones



Fuente: WITS

(a) Participación porcentual

a menor. Japón, Alemania, Suecia, Suiza, Finlandia, Estados Unidos, fueron los países mayor rankiados. Entre los latinoamericanos, México ocupó la posición 28 y Brasil la 30. Colombia se ubicó en la posición 58. En general, gran parte de las exportaciones de los países desarrollados fueron de productos con alta complejidad, mientras que en países como Chile, Colombia, Perú y Ecuador fue baja, predominando los bienes de baja complejidad.

Haciendo una replica de su trabajo, tal como se observa en la Figura 8², los países latinoamericanos tienen una composición en sus cestas exportadoras con una menor participación de bienes complejos, y está tendencia se ha incrementado con el paso del tiempo.

2.3. Otros países exportadores primarios

No obstante, la especialización *per se* no debe considerada como algo dañino para las economías. De hecho, dado unos factores productivos existentes, la especialización es una opción para el aprovechamiento de los recursos naturales por parte de los países que tienen la ventaja comparativa en estos recursos. Este es el caso de Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Noruega, países que tienen una estructura exportadora muy similar a la de Colombia, pero a su vez cuentan con altos niveles de PIB per cápita, exportaciones y una relación exportaciones sobre PIB muy superiores a la de Colombia (Véase Tabla 2).

Desagregando el comportamiento exportador de estos países (Véase Figura 9), las exportaciones de Australia y Noruega se caracterizan porque el componente

²¹ es el grado de producto más complejo y 6 el menos. 1+2=altos niveles de complejidad; 3+4= nivel medio de complejidad; 5+6= bajos niveles de complejidad.

País	PIB	PIB Per Cápita	Exportaciones	Expo/PIB
	US\$ Millones	PPP US\$	US\$ Millones	%
Australia	1.418.825	46.006	233.435	16,4
Canadá	1.721.746	44.198	440.269	25,6
Nueva Zelanda	180.546	34.854	37.349	20,7
Noruega	464.329	66.276	135.824	28,9
Colombia	339.541	12.984	49.566	14,4

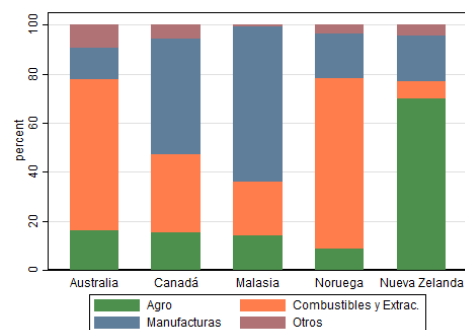
Participación promedio 2011-2016.

Fuente: OMC - FMI - Cálculos: OEE-Mincit

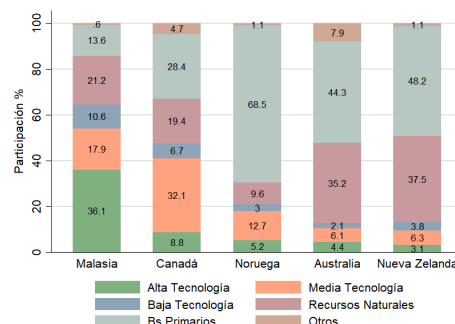
CUADRO 2: Indicadores de Australia, Canadá, Nueva Zelanda, Noruega y Colombia

de combustibles y de extractivos son las de mayor representatividad, con 61% y 69% del total, en promedio 2011-2016, respectivamente. En Australia, los principales productos exportados en 2016 fueron minerales de hierro, hullas, gas de petróleo y oro (estos productos representaron la mitad de las ventas externas). Por su parte, en Noruega, las exportaciones de petróleo y gas de petróleo representaron el 48% de las ventas), pero también fueron importantes las exportaciones de pescado y filetes de pescado. Sin embargo, son países que exportaron bajos valores en productos de alta tecnología (menos del 6% del total de sus ventas).

FIGURA 9. Exportaciones de Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Noruega



(a) Clasificación sectorial



(b) Intensidad tecnológica

En Nueva Zelanda, en promedio 2011-2016 el 70 % de sus exportaciones fueron agropecuarias, productos como leche, carne ovina o caprina, madera, mantequilla, carne bovina, fresas-frambuesas, quesos, se ubicaron como los principales en 2016. No obstante, solamente el 3,1 % del total de ventas correspondieron a bienes de alta tecnología.

En Canadá, si bien hay un alto componente de exportaciones manufactureras, también son representativas las ventas de combustibles-extractivas y agropecuarias, representando en conjunto el 47 % en promedio 2011-2016. Se encuentran productos como petróleo, oro, aceites de petróleo, madera, gas de petróleo, aluminio, trigo, entre otros. Desde la óptica de la tecnología, el gran componente de este país son las ventas de tecnología media (32,1 %) del total, mientras que en alta tecnología su participación alcanzó el 8,8 % del total.

Por lo tanto, esto es una muestra que la especialización no es dañina para una economía si se acompaña de otros factores de política económica que permitan dinamizar estos sectores productivos dentro de la economía nacional.

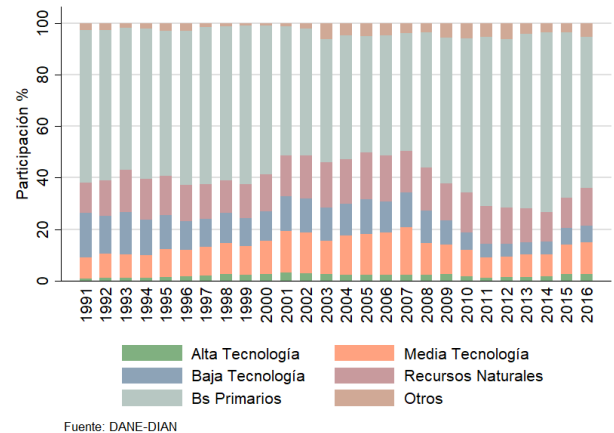
3. EXPORTACIONES CON INTENSIDAD TECNOLÓGICA EN COLOMBIA

Históricamente, las exportaciones de Colombia han estado concentradas en bienes que incorporan bajo valor agregado. Haciendo un análisis sobre el comportamiento de la cesta exportadora colombiana entre 2011-2016 (Véase Figura 10), el 78,5 % de las ventas correspondieron a bienes primarios y de productos basados en recursos naturales. Por el contrario, el 11,3 % fueron exportaciones de alta y media tecnología, especialmente de esta última.

Así, en promedio, para el período 2011-2016, el mayor número de partidas arancelarias exportadas por Colombia, fueron aquellas de baja tecnología y la correspondiente a productos de recursos naturales, mientras que las partidas con menor participación correspondieron a los bienes de alta tecnología y la del rubro otros (básicamente oro). Sin embargo, en todos los sectores, el número de partidas exportadas se reduce más del 30 %, si se contabilizan aquellas ventas superiores a US\$200 mil, o sea, existen una gran cantidad de productos que se exportan en valores mínimos (Véase Figura 11a).

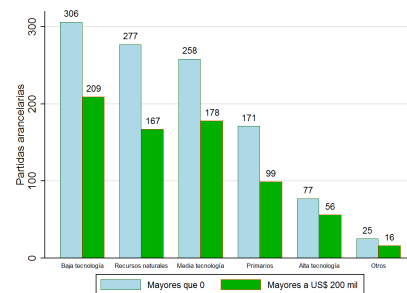
Un aspecto de mucho cuidado de la cesta exportadora colombiana es la alta concentración de los productos en casi todas las clases tecnológicas. Los 5 principales productos exportados en bienes primarios, en recursos naturales, en bienes de alta tecnología y en el rubro de otros, representaron más del 70 % del valor exportado en

FIGURA 10. Exportaciones con intensidad tecnológica en Colombia

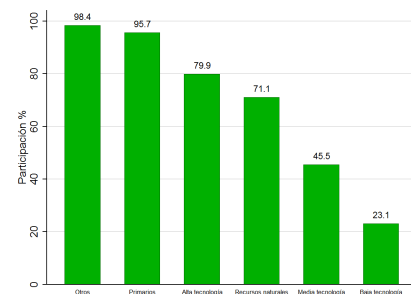


(a) Evolución: Participación en el total exportado

FIGURA 11. Exportaciones con intensidad tecnológica en Colombia



(a) Partidas arancelarias exportadas



(b) 5 principales partidas/ total exportado en el mismo sector

cada sector. En media tecnología, los cinco principales productos representaron el 45,5 % del total (11b).

Para analizar mejor el comportamiento de las exportaciones de productos con mayor intensidad tecnológica, en la siguiente sección se hará una

ampliación de este tipo de productos, las regiones que los producen y sus principales destinos de exportación.

3.1. Análisis de las Exportaciones de Tecnología Media

Productos de Tecnología Media		
Partida	Descripción	Participación del Total de Tecnología Media (%)
7202	Ferroaleaciones	13,9
3902	Polimeros de propileno	9,1
3808	Insecticidas	8,2
8703	Automóviles de turismo	7,3
3904	Polimeros de cloruro	7,0
3304	Maquillaje	3,7
3920	Las demás placas de plástico	3,0
3921	Las demás laminas de plástico	2,3
3303	Perfumes	2,2
8704	Automóviles para mercancías	2,2
Participación en el total		59,0

CUADRO 3: Exportaciones de productos de tecnología media

Particularmente en los productos de tecnología media componen al rededor del 25% de la cesta exportadora de Colombia. Los principales productos de tecnología media están descritos en la tabla 3. Entre los productos más importantes que exporta Colombia con intensidad tecnológica media se encuentran: ferroaleaciones, propileno, insecticidas, automóviles de turismo y de transporte de mercancías, cloruro de vinilo, preparaciones de belleza, perfumes, entre otros.

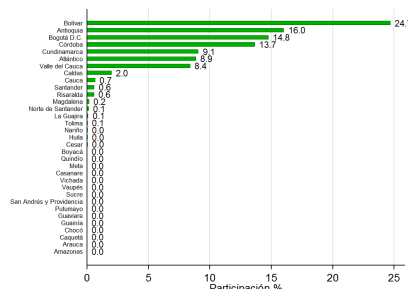
Básicamente, estos 10 productos recogen el 59 % de las exportaciones de tecnología media. Asimismo, estas ventas están concentradas en 7 departamentos (Bolívar, Antioquia, Bogotá, Córdoba, Cundinamarca, Atlántico y Valle) que representaron el 95,5 % del total, en promedio 2011-2016 (Véase Figura 12a).

También es posible observar, que los 5 principales destinos de productos de tecnología media fueron países latinoamericanos, los cuales son: Ecuador, Brasil, Perú, México y Venezuela; estos participaron del 53 % del total. Entre los diez principales destinos de exportaciones de estos bienes, solo 2 se ubicaron fuera de la región, Estados Unidos y China (Véase Figura 12b).

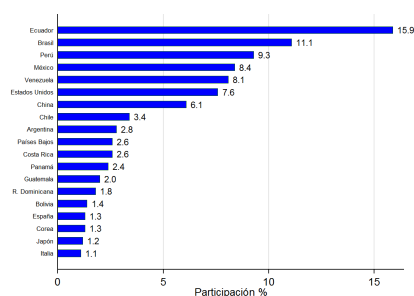
3.2. Análisis de las Exportaciones de Tecnología Alta

En la tabla 4 se muestran los principales productos con tecnología alta que exporta Colombia. La dinámica de las exportaciones con contenido de alta tecnología se manifiesta una prominente concentración en pocos productos, destacándose las ventas de medicamentos, los cuales representan más de la mitad de las

FIGURA 12. Exportaciones de productos de tecnología media (Promedio 2011-2016)



(a) Participación por Departamento



(b) Participación por Destino

Productos de Tecnología Alta		
Partida	Descripción	Participación del Total de Tecnología Media (%)
3004	Medicamentos	52,0
8507	Acumuladores Eléctricos	11,5
8504	Transformadores Eléctricos	9,6
8517	Teléfonos	4,2
3005	Gasas	2,6
Participación en el total		79,9

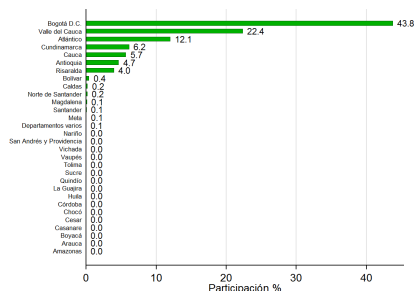
CUADRO 4: Exportaciones de productos de tecnología alta

exportaciones de esta clase de bienes, y le siguen los acumuladores y transformadores eléctricos.

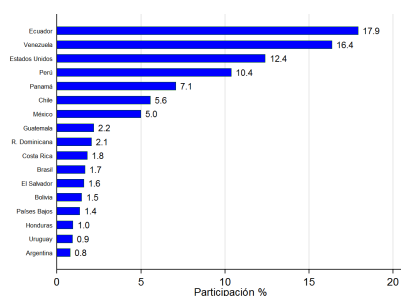
Este tipo de productos se encuentran mucho más concentrados por dos razones: Primero, el conjunto de productos con tecnología alta es más reducido, lo que provoca que su grupo de comparación sea más pequeño. Segundo, dada la estructura de comercio exterior de Colombia, la cual se encuentra especializada en bienes primarios, establece que la producción de este tipo de bienes para exportar sea reducida y que tenga muy pocos destinos y lazos comerciales a los cuales les pueda vender este tipo de productos.

Las ventas de alta tecnología están concentradas en 7 departamentos, especialmente en Bogotá (43,8 % del total) y Valle (22,4 % del total); pero igualmente aportan

FIGURA 13. Exportaciones de productos de tecnología Alta (Promedio 2011-2016)



(a) Participación por Departamento



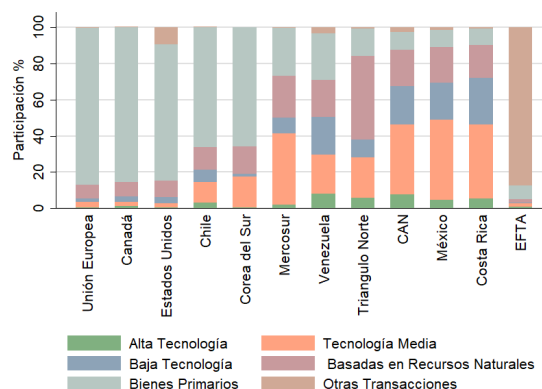
(b) Participación por Destino

los departamentos de Atlántico, Cundinamarca, Cauca, Antioquia y Risaralda. Los principales destinos de las exportaciones de alta tecnología fueron los países latinoamericanos, en particular los países andinos, Ecuador, Venezuela y Perú. Entre los diez principales países solamente Estados Unidos aparece como el único no latinoamericano (Véase Figura 13).

En la exportación de productos de media y alta tecnología se evidencia una concentración en pocos departamentos y con destino a países latinoamericanos, particularmente.

En general, al analizar las exportaciones con contenido tecnológico a los TLC en vigencia para Colombia, se concluye que para los Acuerdos con países desarrollados, Unión Europea, Canadá, Estados Unidos y Corea, el gran porcentaje de comercio fueron productos primarios, mientras que el grueso de las ventas destinadas a TLC con Latinoamérica (CAN, Venezuela, Mercosur, México, Costa Rica, Triángulo Norte) fueron de tecnología media y de manufacturas basadas en recursos naturales (Véase Figura 14).

FIGURA 14. Exportaciones de Colombia a TLC según intensidad tecnológica



(a) Participación del total (Promedio 2011-2016)

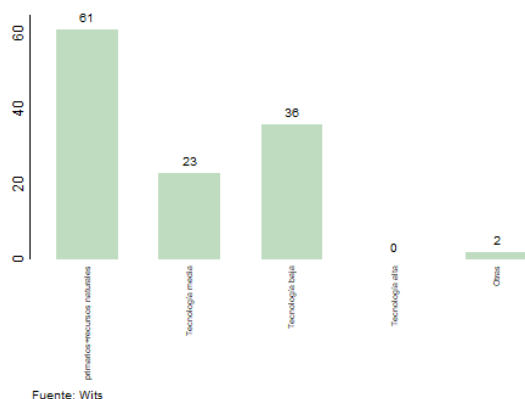
4. UN EJERCICIO DE VENTAJAS COMPARATIVAS

La Ventaja Comparativa es un concepto ampliamente utilizado en comercio internacional para medir en qué tipo de productos un país debe especializarse, dado que tiene una estructura económica que le permite producir este tipo de bienes de manera más eficiente que los demás países en el mercado internacional. Tener una ventaja comparativa en la producción de un bien significa que los costes de producción es menor en ese país que en los demás productos, como a su vez que este país tiene una mejor experiencia y conocimiento para producir a un bajo costo.

$$VCR_{ij} = \frac{\left(\frac{x_{ij}}{X_{it}} \right)}{\left(\frac{x_{wj}}{X_{wT}} \right)} \quad (1)$$

La ecuación (1) establece una medida de la ventaja comparativa de un país en la producción de un bien. Donde x_{ij} y x_{wj} son los valores de las exportaciones de Colombia de la partida arancelaria j y las exportaciones mundiales (restando Colombia) de la partida j . Igualmente, donde X_{it} y X_{wT} se refieren a las exportaciones totales de Colombia y las exportaciones totales del mundo (restando Colombia). En el resultado, un valor de menos de 1 implica que el país tiene una desventaja comparativa revelada en el producto. Del mismo modo, si el índice supera 1, se dice que el país tiene una ventaja comparativa revelada en dicho producto.

En promedio 2011-2016, solamente 122 partidas arancelarias (11,3% del total de partidas exportadas)

FIGURA 15. Número de partidas exportadas con Ventaja Comparativa Revelada

(a) Clasificadas por Intensidad Tecnológica (Promedio 2011-2016)

registraron ventajas comparativas reveladas mayores a 1. La mitad de estos productos correspondieron a bienes primarios y de recursos naturales. El 30% de estas partidas son de bienes de baja tecnología, mientras el 19% correspondieron a tecnología media. Se resaltó que no aparecieron bienes de alta tecnología (Véase Figura 15). En conclusión, nuestras potencialidades con el mundo continúan siendo los productos básicos, de recursos naturales, con poco valor agregado y de baja tecnología.

5. DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS

Siguiendo la metodología de [Dingemans & Ross \(2012\)](#), se utilizarán los siguientes índices: Herfindahl, el índice Ojiva y el índice de entropía, dado que permiten medir la concentración de la canasta exportadora de los países y además tienen la particularidad de ser calculados para determinar la concentración tanto de productos como de destinos. En este caso, los índices se utilizarán para evaluar el comportamiento de la concentración de la canasta de productos exportados por Colombia. Con ese fin, en primer lugar se hará una breve descripción de cada indicador, y posteriormente se presentarán los resultados obtenidos.

Sin embargo, lo importante es que existe una tensión entre diversificación de productos y concentración de mercados. Los patrones de especialización propios de las economías en un mundo abierto tienden a concentrarse en los sectores en los cuales los países son productivos y eficientes, pero por su misma dinámica se vuelven diversos en esos sectores.

Las economías latinoamericanas, en particular, la de

Colombia, registran una estructura exportadora basada en bienes de los sectores combustibles y extractivos, y por ende, con poco dinamismo de las ventas industriales.

Desde otra óptica, ello significa una estructura exportadora basada en bienes primarios y de recursos naturales, con baja intensidad tecnológica.

Con estas características comerciales se caracterizó un sector exportador medianamente concentrado, que se acentuó en los últimos años, debido al aumento de los precios internacionales de los bienes minero-energéticos, principalmente el petróleo.

A pesar de la concentración exportadora, Colombia está presentando un cierto grado de diversificación, medido a través de un mayor número de productos exportados a América, Europa y Asia, evento que es acorde con el resultado del indicador calculado de Ojiva, cuyo valor se acerca más a 0 (más diversificación) que a 1 (sin diversificación).

En este sentido, el concepto de concentración y diversificación no es excluyente y pueden presentarse paralelamente, en un mismo período de tiempo. Ello significaría que se presenta una mayor cantidad de oferta exportable, pero aquellos nuevos productos no son los determinantes en el comportamiento exportador.

Cambiar la estructura exportadora de un país con vocación primaria no se presenta en el corto plazo, pero si es necesario, la ampliación de la oferta exportable, especialmente en bienes que incluyan mayor tecnología y sobre todo, que se consoliden esas ventas en un mediano plazo. El escenario más negativo es que un país esté altamente concentrado, reduciendo la oferta exportable.

5.1. Índice IHH

El índice Herfindahl mide el grado de concentración del comercio de productos mediante la ponderación de cada bien en el total de sus exportaciones. Formalmente parte de siguiente la expresión para el país j que exporta N productos:

$$IHH_j = \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i}{X_j} \right)^2 \quad (2)$$

Donde:

- x_i es la exportación del producto i
- X_j son las exportaciones totales del país

El valor de éste indicador oscila entre 0 y 10000 y entre mayor valor tome el mismo, más concentración presenta la canasta exportadora del país.

5.2. Índice Ojiva

El índice Ojiva mide la diversificación del sector exportador de un país para un año. Para comenzar, se asume que el ideal de la cuota del valor de exportación de un producto sea $1/N$, por tanto, cada bien responde por una parte igual del total de las exportaciones. El valor de éste indicador se interpreta como un porcentaje donde valores cercanos a 0 muestran que el sector exportador está diversificado. Dada la expresión del índice que se define en la siguiente expresión para el país j que exporta N productos.

$$OJV_j = N \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i}{X_j} - 1/N \right)^2 \quad (3)$$

Donde:

- x_i es la exportación del producto i
- X_j son las exportaciones totales del país

5.3. Índice Entropía

De acuerdo con éste índice, el mayor valor se alcanza cuando el valor exportado de los productos de exportación tienen una distribución uniforme, es decir, valores bajos de este índice muestra mayor concentración de exportaciones.

El indicador se expresa de la siguiente manera para el país j

$$ENT_j = \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i}{X_j} * \log_2 \left(\frac{X_j}{x_i} \right) \right) \quad (4)$$

Donde:

- x_i es la exportación del producto i
- X_j son las exportaciones totales del país

5.4. Resultados de los índices

La siguiente tabla muestra la evolución de los índices para Colombia en los años 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2017 según la clasificación Nandina a 10 dígitos, la cual muestra la mayor desagregación posible de productos en el caso colombiano.

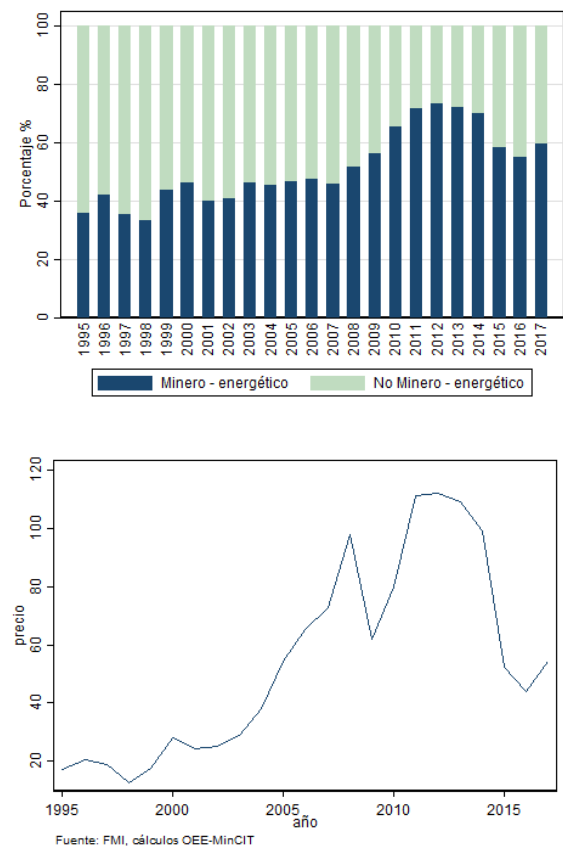
Indicador	1995	2000	2005	2010	2015	2017*
IHH	799	1132	661	1466	1575	1076
Ojiva	0.08	0.11	0.06	0.14	0.15	0.12
Entropía	6.10	5.83	6.53	5.20	5.27	5.37

*IHH para 2016

CUADRO 5: indicadores

Si bien el valor de los índices no es comparable, se observa una congruencia en su comportamiento a lo largo del período analizado. Entre 1995 y 2017 se presenta un aumento en la concentración de la canasta exportadora, con leves variaciones en los años intermedios. En primer lugar, se evidencia un aumento en la concentración en 2000, la cual descende en 2005 y vuelve a aumentar hasta 2015. En el último año se presenta una leve diversificación según los resultados de los tres índices.

FIGURA 16. Participación Exportaciones ME y precios del petróleo, 1995-2017



Fuente. Dane - Mincit, 2018. Cálculos del autor.

El comportamiento de los índices concuerda con la evolución de la participación de las exportaciones minero - energéticas, donde se ve que entre 2010 y 2015, el valor de dichas exportaciones representaron más del 50% del total del valor exportado, esto debido a que el precio del petróleo subió abruptamente en 2010 y se mantuvo alto hasta el año 2015, lo que agudizó el fenómeno de concentración (Véase Figura 16).

En consecuencia, las condiciones del mercado exterior

crearon incentivos para que el sector minero-energético elevara su producción y por ende su exportación, fundamentalmente por los elevados precios, lo que jalonó la concentración de las exportaciones.

Este comportamiento del mercado internacional profundizó la especialización de bienes exportados de tipo minero, que a su vez incrementó la participación de este tipo de bienes en la cesta exportadora colombiana. Como resultado la cesta exportadora colombiana experimentó una mayor concentración y un aumento en el número de productos exportados del tipo minero.

Esto es muestra de cómo el proceso de especialización depende de las condiciones del mercado internacional. Un hecho estilizado en comercio internacional es justamente la adaptación de los países a las condiciones del mercado en busca de aprovechar sus ventajas comparativas y así obtener mayores beneficios según la coyuntura.

5.4.1. Resultados por sub sector económico

Sectores Económicos	1995	2000	2005	2010	2015	2017
Agroindustrial	0,12	0,09	0,07	0,09	0,06	0,07
Agropecuario	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Industria Liviana	0,010	0,012	0,012	0,009	0,009	0,010
Industria automotriz	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,4
Industria básica	0,03	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03
Máquinaria y equipo	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Demás productos	0,9	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3
Minero - energético	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3

CUADRO 6: IHH por sub sector económico

Cálculando el índice IHH para cada uno de los subsectores económicos de la cesta exportadora colombiana en las últimas décadas encontramos que la diversificación de nuestros productos es alta en aquellos subsectores económicos en donde nos hemos concentrado más debido a nuestros patrones de comercio exterior.

De hecho, tal como se puede observar en la Tabla 6, Colombia muestra una alta diversificación de productos en los bienes agroindustriales e industriales básicos, livianos y de maquinaria y equipo. Fíjese que es congruente con nuestras relaciones comerciales, en donde dado nuestro carácter de país productor de bienes primarios y de tecnología básica, nos hemos concentrado en estos sectores, pero diversificado en los bienes que le vendemos al mundo.

Por otro lado, los bienes minero-energéticos y los bienes de tecnología media y alta presentan una baja diversificación, debido fundamentalmente a nuestra baja productividad en la producción de este tipo de bienes.

6. DIVERSIFICACIÓN DE LAS EXPORTACIONES COLOMBIANAS POR CONTINENTE

Tal como se mostró en la sección II, un hecho estilizado de las economías latinoamericanas es un comercio internacional poco diversificado y concentrado. No obstante, al analizar el comercio de Colombia se encuentra que el número de destinos de exportación de los productos nacionales ha variado considerablemente en los últimos años, al pasar de 173 mercados en 1995 a 211 en lo corrido del año 2017 (que significa un crecimiento al rededor del 22%). En los últimos 22 años el país ha podido vender sus productos a 38 nuevos destinos a los cuales no tenía acceso en la década de los noventas y representan un mercado de más de 600 millones de personas.

Si el análisis propuesto se desagrega a nivel de continentes se puede observar que los países pertenecientes a América son los que más participan dentro de las exportaciones colombianas con US\$ 22.231,7 millones a noviembre de 2017 (66,9% del total). Seguido a este se encuentra el continente europeo con US\$ 5.417,4 millones (16,3%) y Asia con US\$ 5.375,5 millones (16,2%).

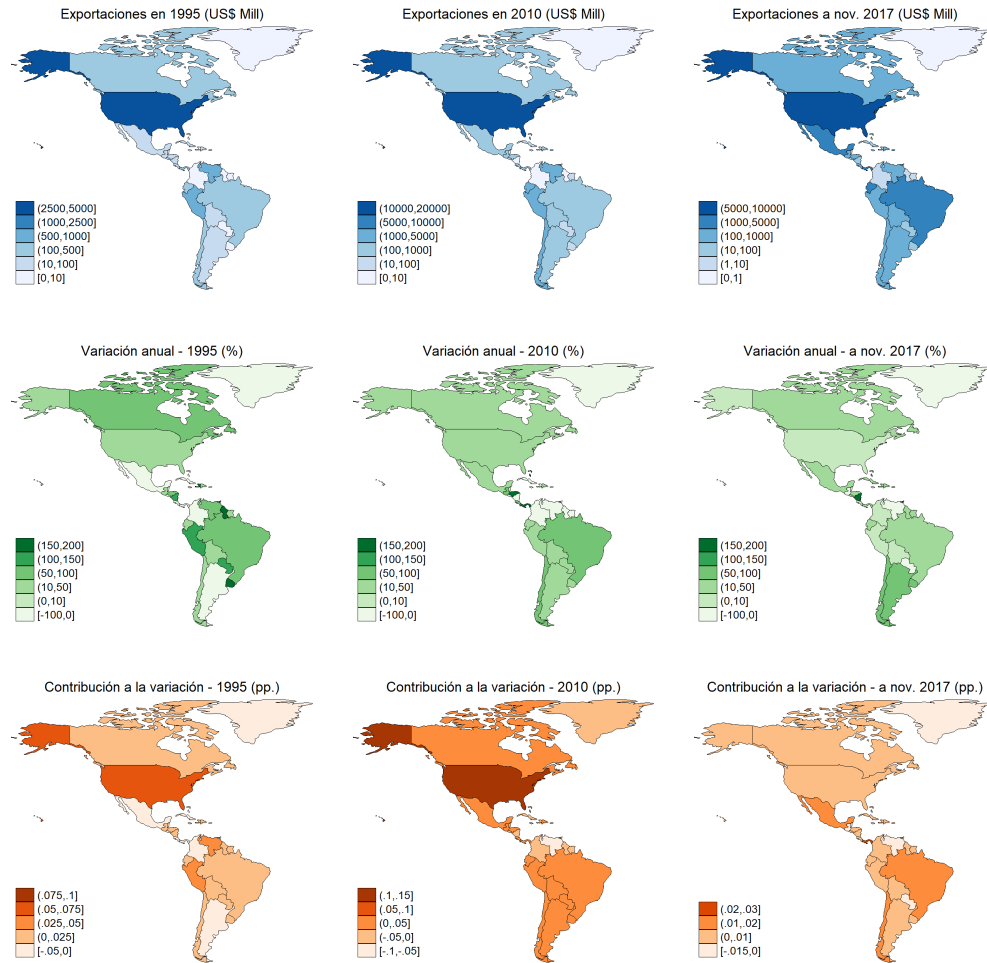
En 1995, año en el que las exportaciones nacionales totalizaron US\$ 10.150,9 millones, el continente americano fue el destino de las exportaciones más importante con 66,9% del total (US\$ 6.794,7 millones). En aquel año los países de Europa ocupaban el segundo lugar con una participación del 26,1% (US\$ 2.648,2 millones), seguidos por Asia con 6,5% (US\$ 658,7 millones).

En cuanto a la evolución histórica de los destinos se destaca la creciente importancia de los países asiáticos como destino de las exportaciones nacionales en los últimos 22 años, principalmente de países como China, que al día de hoy figura como el tercer destino de exportación más importante para Colombia.

6.1. América

En términos del valor exportado las ventas totales hacia el continente americano totalizaron a noviembre de 2017 un valor de US\$ 22.231,7 millones, presentando un incremento de 17,1% frente a igual periodo de 2016. Dentro de los países que más se destacan, se encuentran EE.UU, Panamá y Ecuador con un monto exportado de US\$ 9.471,3 millones, US\$ 2.432,8 millones y US\$ 1.289,9 millones respectivamente (Ver Figura 17).

Dentro de la contribución a la variación se destacan por su aporte al crecimiento de las exportaciones en lo corrido del 2017 Panamá con 2,4 puntos porcentuales, Bahamas (1,4 pp), Brasil (1,2 pp) y México (1,2 pp).

FIGURA 17. Exportaciones colombianas hacia América, 1995-2010-2017

Fuente. Dane - Mincit, 2018. Cálculos del autor.

1995		2010		nov-17	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Aceites crudos de petróleo.	1.773,7	Aceites crudos de petróleo.	11.402,5	Aceites crudos de petróleo.	6.954,4
Café sin tostar y sin descafeinar.	458,0	Hullas térmicas.	1.719,5	Hullas térmicas.	1.704,9
Fueloils (fuel).	163,6	Oro.	1.369,9	Cafés sin tostar y sin descafeinar.	1.195,9
Esmeraldas trabajadas.	154,7	Fueloils (fuel).	1.019,9	Oro.	831,0
Bananas o plátanos frescos.	125,0	Cafés sin tostar y sin descafeinar.	889,3	Flores y capullos frescos	486,2
Rosas frescas.	122,7	Gasoils (gasóleo).	495,0	Aceites livianos (ligeros) y preparaciones.	379,2
Hullas térmicas.	112,7	Flores y capullos frescos.	403,2	Coques y semicoques de hulla.	315,9
Azúcares de caña o de remolacha.	91,6	Coques y semicoques de hulla.	314,3	Gasoils (gasóleo).	307,0
Azúcares en bruto de caña.	80,2	Rosas frescas.	293,1	Vehículos para el transporte de personas	273,6
Flores y capullos frescos.	76,7	Azúcares de caña o de remolacha.	289,0	Aceites livianos y preparaciones.	256,2

CUADRO 7: Principales productos de exportación, US\$ Millones

En comparación al año 1995, se observa la reducción en la participación de Venezuela dentro de las exportaciones totales, la cual pasó de ocupar la segunda posición en dicho periodo, a la posición número veintiseis en 2017 con unas ventas hacia este destino

de US\$ 298,6 millones.

Por otra parte, en cuanto a la evolución de la relación comercial de Colombia con EE.UU, Cánada y latinoamerica, se ha observado una profundización en cuanto al flujo del valor exportado, en los que apesar de

la posición preponderante que ocupa los EE.UU para las exportaciones nacionales, se destaca la importancia relativa que han alcanzado destinos como Brasil, México, Chile y algunos países de Centroamérica, economías con las que se cuenta con un Tratado de Libre Comercio en la actualidad. Esto además producto de una mayor diversificación de bienes, que no sólo son productos primarios, sino también bienes de mediana y alta tecnología.

En relación a la canasta de productos exportados, como se observa en la Tabla 7, el principal bien de exportación durante las últimas dos décadas ha sido el petróleo crudo. Aunque tuvo un importante incremento en el 2010, a noviembre del último año las exportaciones han sido mucho menores, sin espacio para que al final del periodo se alcance el valor exportado de años anteriores.

En el segundo periodo analizado se observa como el café es relegado al quinto lugar luego de haber estado de segundo en el año 1995, pero logra recuperarse para el 2017 ubicándose de tercero. Las flores también logran posicionarse en el 2010, pero al igual que otros productos agrícolas, exceptuando el café, pierden participación dentro de los 10 principales productos, homogenizándose la canasta exportadora hacia los derivados minero-energéticos.

Ahora bien, en relación al número de productos exportados, como se observa en la Tabla 8, Colombia pasó de exportar 3.661 productos al continente americano, a 4.724 productos en lo corrido del año 2017. Lo anterior representa un incremento de 29 % entre los dos periodos de comparación.

A pesar de la mayor diversificación de productos, no se observa el mismo comportamiento en cuanto al número de empresas exportadoras, el cual pasó de 13.754 empresas en 1995 a tan solo 9.461 empresas en lo corrido de 2017.

	1995	2010	2017
Productos	3.661	4.532	4.724
Empresas	13.754	9.412	9.461

CUADRO 8: Número de productos y de empresas

A modo de síntesis se rescatan los siguientes elementos de la relación de comercio exterior de Colombia con los países del continente americano: Primero, se observa una mayor profundización en cuanto a los niveles comerciados en los últimos años. En términos generales, el flujo de exportaciones ha crecido en mayor magnitud para estos países en comparación a cualquier otra región del mundo. Segundo, a pesar del papel preponderante que ocupa la economía de los EE.UU como principal destino de las exportaciones, se

destaca la contribución a la variación de países como Brasil, México y Chile en el crecimiento observado de las exportaciones en el último año.

6.2. Europa

En los últimos 22 años el valor nominal de las ventas externas de Colombia hacia Europa se han duplicado, al pasar de US\$ 2.648,2 millones en 1995 a US\$ 5.417,4 millones en lo corrido de 2017.

Dentro de las ventas externas de Colombia el continente europeo pasó de representar el 26,1 % de las exportaciones en 1995 a participar con el 16,3 %.

En la década de los noventas el principal socio comercial de Colombia en Europa era Alemania con compras al país por valor de US\$ 734,2 millones. En 2017 dicha posición fue ocupada por Países Bajos (US\$ 1.445,3 millones), seguido por España (US\$ 826 millones) y Bélgica (US\$ 472,9 millones), países que han obtenido un mayor protagonismo en la última década.

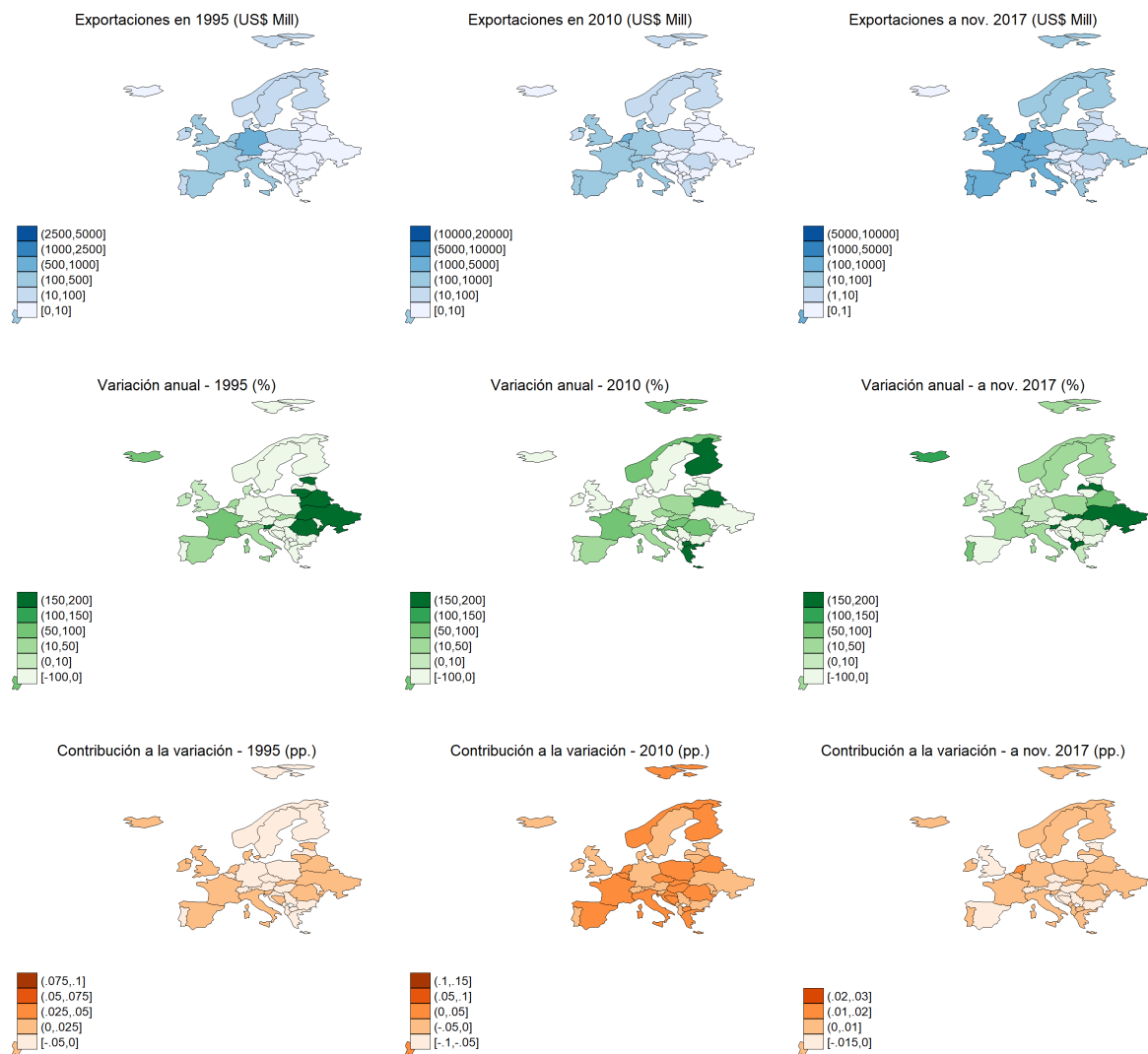
De hecho, en cuanto a la contribución a la variación del último año se destaca el aporte de Países Bajos (1,3 puntos porcentuales), Portugal (0,5 pp), y Belgica (0,3) en el incremento observado de las exportaciones a lo largo de 2017 (Véase Figura 18).

En relación a la canasta de bienes exportados hacia Europa, en la Tabla 9, se observa que a diferencia de los otros continentes, el oro ha mantenido una amplia participación dentro de los principales productos exportados, incrementando su posición en el 2010 en segundo lugar y de cuarto en el 2017. De todas formas, se aprecia un comportamiento similar a la tendencia de relegar a los productos agrícolas a manos de bienes minero-energéticos en los últimos 7 años, siendo el carbón el principal producto a inicios de la década, y el crudo de petróleo en el último año.

El café pasó de ser el principal producto en 1995 al tercero en el 2010 y 2017. Del mismo modo el banano tenía un importante tamaño dentro del grupo, pero en el último año ha desaparecido de los primeros 10 productos. El único producto de este tipo que ha repuntado recientemente dentro de los principales productos han sido las flores, de resto prevalece la especialización exportadora hacia bienes de la industria minera.

Un hecho claro en el proceso exportador de Colombia hacia Europa es la recomposición de su canasta exportadora. Es indudable que el incremento de los precios del petróleo tuvo un efecto de especialización y concentración de los bienes comprados por Europa a Colombia en la última década. De hecho, ha existido un desplazamiento de los productos agrícolas e industriales, el cual es generalizado con todos los países de la comunidad.

FIGURA 18. Exportaciones colombianas hacia Europa, 1995-2010-2017



Fuente. Dane - Mincit, 2018. Cálculos del autor.

1995		2010		nov-17	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Café sin tostar, sin descafeinar.	1.132,9	Hullas térmicas.	2.509,3	Aceites crudos de petróleo.	6.954,4
Hullas térmicas.	366,2	Oro.	624,6	Hullas térmicas.	1.704,9
Bananas o plátanos frescos.	254,1	Cafés sin tostar y sin descafeinar.	513,9	Los demás cafés sin tostar y sin descafeinar.	1.195,9
Ferroníquel.	159,9	Bananas o plátanos frescos.	494,3	Oro.	831,0
Oro, en bruto sin alear.	105,5	Ferroníquel.	339,1	Flores y capullos frescos.	486,2
Esmeraldas trabajadas.	75,7	Aceites crudos de petróleo.	207,9	Aceites livianos.	379,2
Extractos, esencias y concentrados de café.	51,3	Pigmentos.	134,6	Coques y semicoques de hulla.	315,9
Preparaciones y conservas de atunes.	42,0	Formas de oro semilabradas.	97,3	Gasoils (gasóleo).	307,0
Camarones de cultivo, congelados.	30,7	Coques y semicoques de hulla.	97,3	Vehículos para el transporte de personas.	273,6
Hullas bituminosas.	28,2	Fueloils (fuel).	79,2	Aceites livianos, Carburorreactores tipo gasolina.	256,2

CUADRO 9: Principales productos de exportación, US\$ Millones

No obstante, se debe tener en cuenta que la volatilidad de los precios del petróleo han introducido ruido en la intrepetación de los flujos de exportación. Funda-

mentalmente, dado que las cestas de exportación están valoradas a dólares corrientes, y los incrementos del barril de petróleo han sido bastante significativos, las par-

ticipaciones de los bienes mineros han incrementado su participación en valor, sin que esto realmente signifique que no ha habido diversificación en la venta de bienes no minero-energéticos.

En relación a lo anterior, Colombia pasó de exportar 861 productos hacia Europa en el año 1995 a vender 1.708 productos en el acumulado del año 2017 al mes de noviembre. Esto representa un incremento entre ambos periodos de comparación de 98,4 %.

	1995	2010	2017
Productos	861	1.576	1.708
Empresas	2.331	1.991	2.117

CUADRO 10: Número de productos y de empresas

En la Tabla 10 también se presentan el número de empresas que realizaron actividades de exportación hacia Europa. Para el año 1995 se registraron cerca de 2.331 empresas, mientras que para el último año se identificaron 2.117 empresas exportadoras.

Tal como lo señala Ibáñez et al (2016), existe una condición por parte de los países europeos de considerar a Colombia como un destino *inferior* de sus importaciones. Esto establece que justo cuando Europa afrontó su periodo de crisis económica, la disminución de su ingreso se tradujo en una mayor demanda de bienes colombianos. No obstante, dada la recuperación de su economía, han reducido su demanda por bienes colombianos, debido a que el incremento del ingreso de los países europeos les ha permitido comprar bienes diferenciados de otras regiones del mundo.

6.3. Asia

En 1995 la relación comercial de Colombia con los países de Asia no era bastante significativa (US\$ 658,7 millones). Entre los países que más se destacan se encuentran, Japón -principalmente por la exportación de algunos productos agrícolas, tales como el Café- seguidos por Corea del Sur y China.

En la última década el crecimiento de economías como las de China y Turquía han posibilitado la entrada de un mayor número de productos nacionales a estos mercados, convirtiéndose en importantes destinos de exportación para la economía colombiana. Para el caso de China las exportaciones hacia este destino alcanzaron los US\$ 1.916,3 millones a noviembre de 2017, con un incremento de 71,8 % frente a igual periodo de 2016. Respecto a Turquía el valor exportado fue de US\$ 1.231,2 millones, presentando una variación de 99,6 % (Ver Figura 19).

En la Tabla 11 se presenta el número de empresas exportadoras para cada uno de los periodos de análisis.

	1995	2010	2017
Productos	268	834	1.037
Empresas	662	1.129	1.113

CUADRO 11: Número de productos y de empresas

En términos generales, se observa a su vez una mayor inserción de empresas nacionales en el mercado asiático. En 1995 se registraron cerca de 662 empresas que realizaron actividades de comercio exterior con algún país de Asia, en tanto para el año 2017 este número ascendió a 1.113 empresas. Esto es una muestra de cómo se han fortalecido las relaciones comerciales con este continente, pero a su vez, cómo entre mayor sea el número de empresas que venden sus productos a este destino, se incrementa la oferta en la cesta de bienes exportables.

En cuanto a la evolución de la canasta exportadora hacia Asia, desde mediados de los noventas hasta la primera década del siglo ha sido el desplazamiento del café, esmeraldas y derivados de la caña de azúcar por los recursos minero-energéticos como el crudo de petróleo y el carbón (Ver Tabla 12).

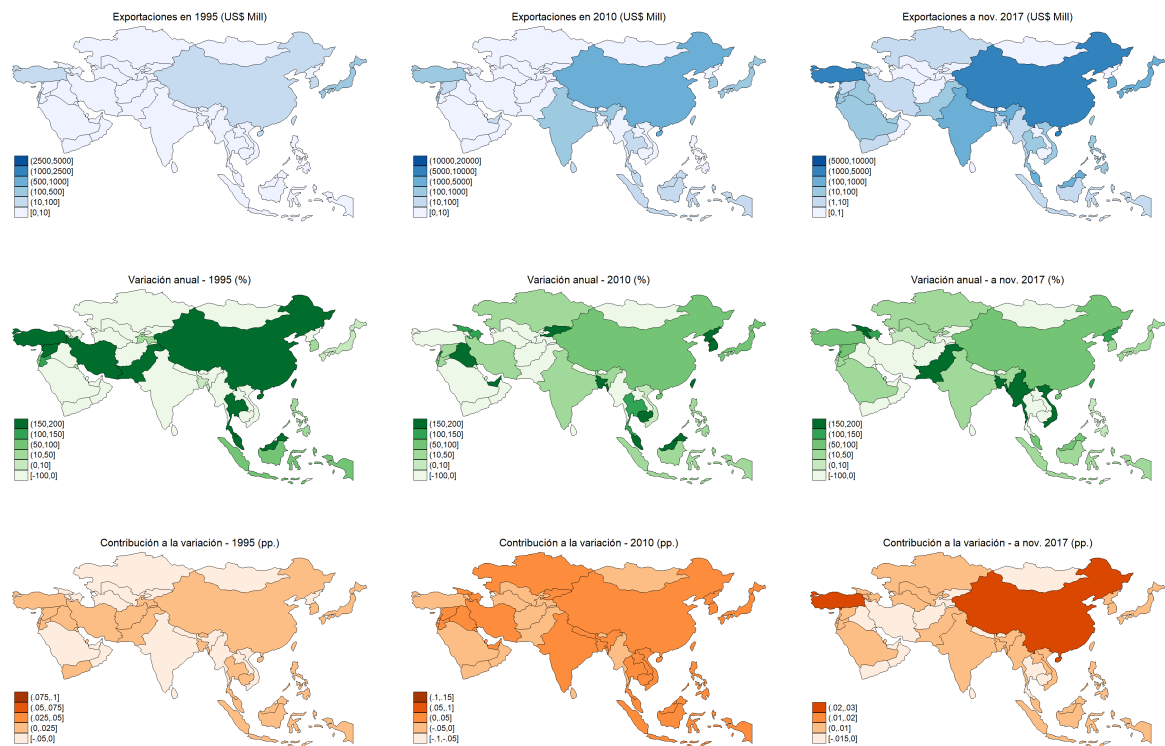
Para los últimos 7 años se ha venido reforzado esta tendencia aumentando la brecha entre estos recursos extractivos y los demás agropecuarios. Sin embargo, el café ha sido el único de este tipo que ha logrado mantenerse a tal punto de posicionarse como el tercer mayor producto exportado en el último año, mientras los bovinos también han adquirido una participación relevante dentro de este grupo de productos no extractivos.

No obstante, aunque la última década captura el comportamiento del *boom* petrolero que Colombia experimentó, debido a un incremento de los precios de los bienes minero-energéticos, la gran mayoría de bienes diversificados son los bienes agroindustriales y agropecuarios que se venden a este destino.

De hecho, productos que no se exportaban antes de la década del 2000, o que no tenían una participación significativa, hoy son muy importantes, como es el caso de polímeros de cloruro, insecticidas, fungicidas, herbicidas, extractos de café, carne de bovinos congelada, maderas, moldes, productos de cuero, entre otros.

A pesar de lo anterior, en los últimos años la canasta de bienes exportados hacia Asia ha sido la más diversificada. En 1995 el país exportaba a países de este destino tan solo 268 tipos de bienes, mientras que en la actualidad este número se ubica en 1.037, cerca de cinco veces de lo que se exportaba en la década de los noventas.

FIGURA 19. Exportaciones colombianas hacia Asia, 1995-2010-2017



Fuente. Dane - Mincit, 2018. Cálculos del autor.

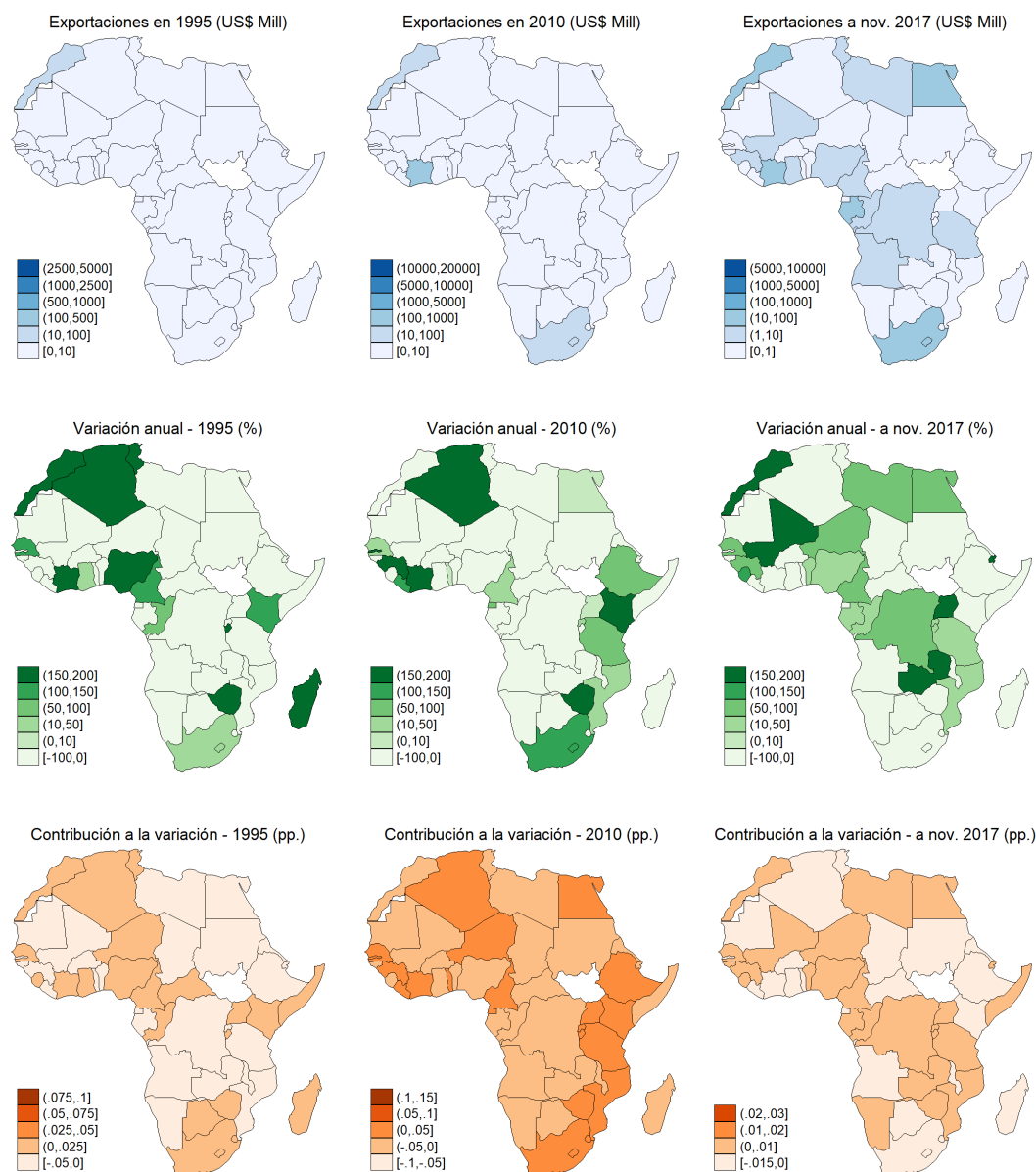
1995		2010		nov-17	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Café sin tostar, sin descafeinar.	233,4	Aceites crudos de petróleo.	1.182,2	Aceites crudos de petróleo.	1.751,3
Esmeraldas trabajadas de otro modo.	116,5	Hullas térmicas.	1.101,7	Hullas térmicas.	1.664,4
Azúcares en bruto de caña.	36,8	Ferroníquel.	485,7	Cafés sin tostar y sin descafeinar.	381,3
Hullas térmicas.	36,2	Cafés sin tostar y sin descafeinar.	455,1	Ferroníquel.	217,8
Extractos, esencias y concentrados de café.	35,8	Desechos de cobre	194,8	Desechos de cobre	156,8
Oro, en bruto sin alear o aleado.	8,7	Coques y semicoques de hulla.	81,7	Coques y semicoques de hulla.	109,7
Ferroníquel.	7,3	Fueloils (fuel).	67,8	Hullas bituminosas.	66,6
Langostinos congelados.	6,1	Demás desperdicios y desechos de cobre.	62,1	Policloruro de vinilo.	44,6
Azúcares de caña o de remolacha y sacarosa.	5,7	Azúcares de caña.	57,5	Animales vivos de la especie bovina.	40,5
Desperdicios y desechos de cobre.	5,7	Desperdicios y desechos de aluminio.	29,5	Demás desperdicios y desechos de cobre.	32,8

CUADRO 12: Principales productos de exportación, US\$ Millones

Asimismo, el número de países que nos compran más bienes en este continente se ha incrementado, lo que muestra que nuestras relaciones comerciales con este destino se han fortalecido. Para la década del 2000 en adelante, el mercado de exportaciones ha fortalecido sus relaciones comerciales con países como Turquía, Irak, Irán, Kazajistán, India, e Indonesia son más importantes y contribuyen más en el crecimiento de nuestras exportaciones.

6.4. África

La relación comercial de Colombia con los países africanos no ha sido bastante significativa en los últimos años en comparación a los tres continentes citados anteriormente; no obstante, ha presentado un crecimiento importante aunque bastante modesto en términos de valor exportado. En 1995 las ventas externas de Colombia hacia África totalizaron US\$ 10,9 millones, mientras que para 2017 el monto exportado al mes de noviembre alcanzó US\$ 148,7 millones. Este valor fue inferior al valor histórico más alto, alcanzado en el año 2010 que se ubicó en US\$ 362,0 millones.

FIGURA 20. Exportaciones colombianas hacia África, 1995-2010-2017

Fuente. Dane - Mincit, 2018. Cálculos del autor.

1995		2010		nov-17	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Los demás azúcares en bruto de caña, sin adiciones	11,5	Aceites crudos de petróleo o de mineral bituminoso.	37,1	Aceites crudos de petróleo o de mineral bituminoso.	25,7
Hullas térmicas.	9,2	Ferróniquel.	22,3	Hullas térmicas.	22,6
Los demás azúcares, en estado sólido.	4,3	Bombones, caramelos, confites y pastillas.	19,8	Bombones, caramelos, confites y pastillas.	19,9
Las demás hullas bituminosas.	1,8	Gasóils (gasóleo).	12,1	Coques y semicoques de hulla	18,2
Tabaco negro sin desvenar o desnervar	1,2	Los demás aceites livianos (ligeros) y preparaciones.	10,7	Policloruro de vinilo, sin mezclar con otras sustancias	5,5
Bananas o plátanos frescos del tipo "cavendish valery".	1,0	Hullas térmicas.	6,8	Los demás animales vivos de la especie bovina	4,4
Molinillos mecánicos de metales comunes	0,9	Chicles y demás gomas de mascar, recubiertos de azúcar.	5,5	Los demás cafés sin tostar, sin descafeinar.	3,8
Café sin tostar, sin descafeinar.	0,9	Los demás chocolates y demás preparaciones de cacao.	5,4	Las demás máquinas y aparatos de elevación	3,6
Polipropileno.	0,6	Los demás azúcares en bruto de caña, sin adiciones	3,9	Los demás chocolates y demás preparaciones de cacao.	3,5
Oxícloruros e hidroxícloruros de cobre.	0,6	Los demás cafés sin tostar, sin descafeinar.	3,7	Ferróniquel.	3,3

CUADRO 13: Principales productos de exportación, US\$ Millones

Dentro de los destinos que más se destacan en cuanto a su flujo comercial desde Colombia, se encuentran Costa de Marfil con US\$ 40,0 millones en lo corrido del año 2017, seguido por Marruecos con US\$ 30,1 millones y Sudafrica (US\$ 20,7 millones).

A pesar de las altas variaciones porcentuales de las exportaciones hacia África en los tres periodos de estudio, la contribución de las mismas a la recuperación de las exportaciones colombianas ha sido bastante baja. Esto debido a la alta volatilidad en las exportaciones hacia estos destinos y a que los flujos comerciados son relativamente bajos. Sin embargo, como se muestra en la Figura 20, Colombia ha tenido incrementos importantes con los países Africanos, que a pesar de su propia volatilidad, sí muestran que hay un potencial en ese mercado, que de llegar a crearse relaciones comerciales más estables, podrían contribuir de manera muy positiva para nuestras exportaciones.

Respecto a la composición de los principales productos exportados hacia el continente africano, en la Tabla 13 se observa que en la década de los noventas eran predominantes los azúcares de caña y el carbón. Pero, tal como ha ocurrido con otros continentes, para el 2010 la canasta tiene un vuelco hacia los productos minero-energéticos en las primeras posiciones.

Por otra parte, los dulces han tenido un repunte considerable, siendo los bombones, chicles, chocolates y azúcares más grandes en participación que el mismo café en el 2010 y el 2017. Para el último año, adicionalmente se posicionan la carne de bovinos y máquinas de elevación.

	1995	2010	2017
Productos	138	279	519
Empresas	113	160	189

CUADRO 14: Número de productos y de empresas

Por otra parte, en la Tabla 14 se presenta el número total de productos exportados desde Colombia hacia África, en 1995 este número se ubicó en 138 productos, mientras que en la actualidad la canasta de bienes se ha ampliado a 519 productos.

Respecto al número de empresas que han incursionado en el continente africano, se observado que este número no ha variado de manera significativa en los últimos 22 años, en 1995 se registraron 113 empresas exportadoras hacia este destino, en tanto para lo corrido de 2017 se identificaron 189 empresas.

6.5. Oceanía

Las exportaciones de Colombia hacia los países de Oceanía alcanzaron US\$10,6 millones en 1995, en el año

2010 dicho valor se ubicó en US\$ 42,3 millones y en lo corrido de 2017 US\$ 66,4 millones.

El principal socio comercial de Colombia en este continente es Australia, las ventas hacia este destino fueron US\$ 51,9 millones a noviembre de 2017, representando cerca del 80 % del total. En segundo lugar de importancia se encuentra Nueva Zelanda con US\$ 13,9 millones, destino que ha experimentado un crecimiento importante en la última década y que se espera continúe por una senda de crecimiento positiva de concretarse su ingreso al bloque económico de Alianza Pacífico.

En cuanto a la contribución a la variación los países de Oceanía aportaron 0,04 puntos porcentuales al crecimiento observado de 2017 (Ver Figura 21).

Por último, hacia Oceanía es de destacar el café como el principal producto de exportación durante los últimos 22 años. Es el único continente donde la tendencia hacia la concentración minero-energética dentro de los principales productos de exportación no se ha hecho notar.

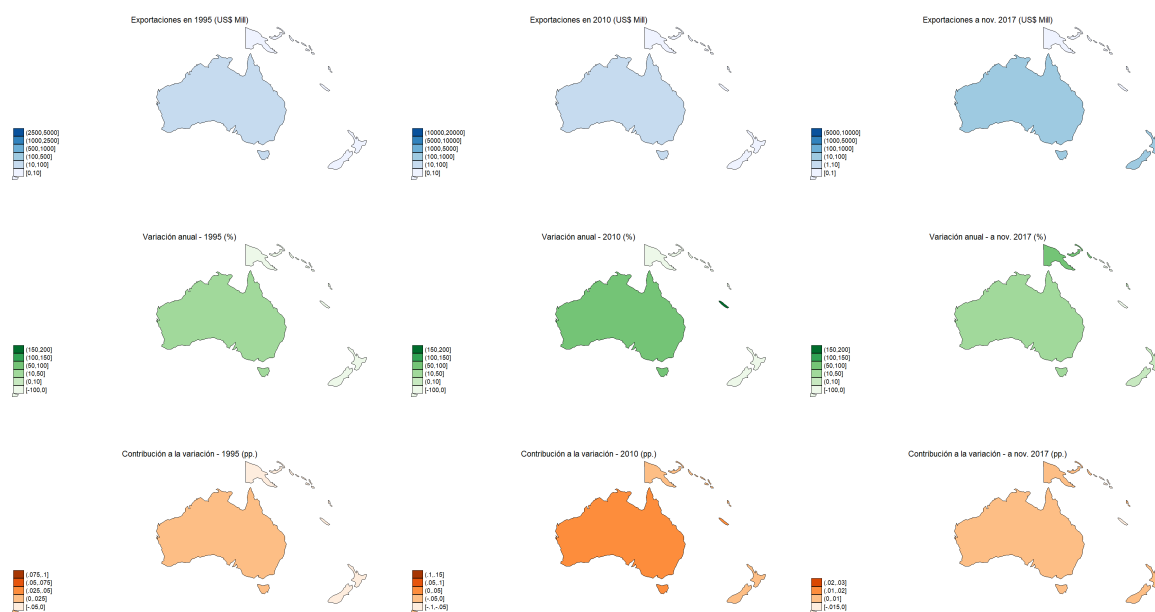
	1995	2010	2017
Productos	76	271	325
Empresas	70	202	255

CUADRO 15: Número de productos y de empresas

A pesar de que la canasta de bienes exportada hacia Oceanía no es bastante amplia ha presentado un crecimiento sustancial en los últimos 22 años. Como se observa en la tabla 15, Colombia pasó de exportar 76 productos en 1995 a más de 325 bienes en 2017. Un incremento de 327 % entre ambos periodos de comparación.

En relación al número de empresas también se observa el mismo comportamiento, pues en 1995 se registraron 70 empresas que realizaron actividades de exportación hacia este continente, mientras que en la actualidad ya son más de 255 empresas exportadoras.

En 2017, las flores se han posicionado en el segundo lugar, y en general prevalecen sus derivados y otros productos agrícolas como mezclas alimenticias de aceites y artículos de confitería. Otros productos importantes que han ganado participación dentro de la diversificación de los productos no minero-energéticos son: Margarina, triciclos y coches de pedal, asientos, artículos para el transporte de líquidos y envasados, productos de panadería, escofinas, alicates, aceites de palma, compresas y tapones higiénicos, entre otros. (Ver Tabla 16).

FIGURA 21. Exportaciones colombianas hacia Oceanía, 1995-2010-2017

Fuente. Dane - Mincit, 2018. Cálculos del autor.

1995		2010		nov-17	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Café sin tostar y sin descafeinar.	4,2	Los demás cafés sin tostar, sin descafeinar.	17,7	Los demás cafés sin tostar y sin descafeinar.	41,3
Extractos, esencias y concentrados de café.	2,8	Compuestos cuya estructura contenga un ciclo piridina.	5,7	Rosas frescas	3,3
Tejidos de hilados de filamentos sintéticos.	1,2	Café soluble liofilizado.	1,2	Bilis y sustancias de origen animal.	3,3
Fungicidas.	1,0	Rosas frescas.	1,0	Café soluble liofilizado.	1,5
Máquinas de afeitar.	0,5	Sales de nitrato de calcio y amonio.	0,9	Pompones para ramos o adornos.	1,4
Oxícloruros e hidroxícloruros de cobre.	0,4	Esencias y concentrados de café.	0,9	Crisantemos para ramos o adornos.	1,2
Diuron.	0,3	Fungicidas.	0,7	Mezclas alimenticias de aceites, animales o vegetales.	1,0
Puntas, clavos, chinchetas y grapas.	0,2	Picloram (ISO).	0,7	Claveles frescos.	0,9
Cables de hierro o acero.	0,2	Mangos preparados o conservados.	0,7	Globos de latex de caucho natural.	0,8
Bombones, caramelos, confites y pastillas.	0,2	Medicamentos para uso humano.	0,6	Artículos de confitería sin cacao.	0,8

CUADRO 16: Principales productos de exportación, US\$ Millones

7. REFLEXIÓN FINAL

Tal como se mostró en todo el documento, el mayor porcentaje de exportaciones que realiza el mundo corresponde a bienes manufactureros y son los países desarrollados quienes lideran este mercado. De hecho, se demostró que los países latinoamericanos están especializados en la producción y venta de bienes mineros, combustibles e industrias extractivas y agropecuarias.

Este proceso de especialización ha traído consigo economías poco diversificadas y adicionalmente, exportando bienes con bajo nivel tecnológico. Históricamente, esta estructura exportadora no ha cambiado y en Colombia, particularmente, la cesta exportadora ha permanecido muy similar desde su apertura.

También se mostró, que a pesar de la alta especialización del mercado exportador colombiano,

si ha habido un incremento en la diversificación de productos primarios y de baja tecnología ofertados, pero con una disminución del número de empresas que sobreviven a las condiciones del mercado internacional.

8. REFERENCIAS

1. Dingemans, A. & Ross, C. (2012). Los acuerdos de libre comercio en América Latina desde 1990. Una evaluación de la diversificación de exportaciones, Revista CEPAL 108, (pp. 42-43)
2. Jesus Felipe, Utsav Kumar, Arnelyn Abdon, Marife Bacate. (2011). "Product complexity and economic development". Structural Change and Economic Dynamics Volume 23, Issue 1, Pages 36-68.
3. C.A. Hidalgo, B. Klinger, L. Barabási, R. Hausmann. (2007). The Product Space Conditions The Develop-

ment of Nations. www.sciencemag.org.

4. Ibanez, David; Pachon, Oscar y Walter Sanchez. (2016). "Definición de Destino Inferior y Destino Normal: Caso Colombia". Revista de Estudios Económicos. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Volumen 2, 2017.

Aplicación del modelo gravitacional de comercio exterior para la economía colombiana, 1993-2015

FABIAN BERNAL - DAVID IBÁÑEZ

Oficina de estudios económicos
Email: fbernal@mincit.gov.co - dibanez@mincit.gov.co

El presente trabajo realiza una aplicación del modelo de gravedad de comercio exterior para la economía colombiana en el periodo 1993-2015. Esto con el fin de identificar los elementos que explican el intercambio comercial entre Colombia y los demás países del mundo, tales como el tamaño de sus economías y la distancia que los separa uno de otro. Adicionalmente, se intenta estimar el impacto de la política de apertura económica adoptada por el país con la firma y entrada en vigencia de diversos Acuerdos Comerciales en la última década.

Palabrasclave: Comercio Internacional, Modelo Gravitacional, Tratados de Libre Comercio

1. INTRODUCCIÓN

Identificar los factores que determinan el nivel de integración comercial de dos economías ha sido por décadas uno de los principales interrogantes que intentan explicar las Teorías del Comercio Internacional. Comenzando desde el economista clásico [David Ricardo \(1817\)](#) se parte por suponer que el intercambio comercial entre dos países está determinado por las ventajas comparativas que estos poseen en la producción y comercialización de determinados productos.

A partir de esta idea seminal se desprendieron nuevos modelos que incluían modificaciones en cuanto al aparato teórico y los supuestos que los sustentan. Uno de estos fue el modelo [Heckscher-Ohlin \(1933\)](#), el cual afirma que los países se especializan en la exportación de los bienes cuya producción es intensiva en el factor productivo en el que el país es más abundante, mientras que tienden a importar aquellos bienes que utilizan de forma intensiva el factor que les es relativamente escaso.

De otro lado, uno de los desarrollos teóricos más recientes son los modelos basados en estructuras de mercado imperfecta, tales como los de competencia monopolística ([Dixit-Stiglitz, 1977](#)), o aquellos que suponen la presencia de rendimientos crecientes a escala o de externalidades en el comercio exterior, todos estos

incluidos alrededor de lo que hoy se conoce como Nueva Teoría del Comercio Internacional y Geografía Económica ([Krugman, 1980](#)). Otro de los avances más importantes se dio gracias a los trabajos de [Melitz \(2003\)](#), [Melitz et al. \(2008\)](#) y [Melitz \(2015\)](#), con los que se dio paso a la "New-new trade theory", en donde la concepción del mercado internacional se sustenta fundamentalmente en conocer la dinámica del sector exportador desde la posición de las firmas, entendiendo a su vez que determinantes como la evolución de los precios internacionales y la demanda externa, con su propia heterogeneidad, son los factores claves para entender el por qué los países compran bienes, y cómo esto marca los procesos de especialización y productividad de las empresas en un mercado abierto.

Uno de los modelos que intenta combinar de alguna forma los modelos teóricos planteados anteriormente, es el Modelo de Gravedad del Comercio Exterior. Este parte de la Ley Gravitacional de Newton, que plantea que un objeto en el Universo es atraído por otro, gracias a la fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias. Aplicando la intuición de esta Ley física al comercio internacional, se supone que el flujo comercial entre dos o más países es directamente proporcional al tamaño de sus economías, e inverso a la distancia que los separa uno de otro. La intuición

económica detrás de esto es bastante sencilla, los países con economías más grandes tienen una capacidad adquisitiva mucho más amplia, lo cual los hace más propensos al comercio exterior, en tanto, la distancia geográfica es una variable proxy de las barreras al intercambio comercial y que se asocia con los costos de transporte de las mercancías de un país hacia otro.

En línea con lo anterior, el objetivo del presente documento es realizar una aplicación empírica del modelo gravitacional al comercio exterior colombiano para el periodo 1993-2015. Esto con el fin de identificar los elementos que explican el flujo comercial de Colombia con los países del mundo, y los factores relacionados con el impacto de la política de apertura económica adoptada por el país, con la firma y entrada en vigencia de diversos Acuerdos Comerciales en la última década.

La estructura del documento será la siguiente, en la primera sección se presenta un análisis de la dinámica del comercio exterior colombiano en las últimas dos décadas, partiendo desde la adopción de la política de apertura económica en los años noventa, pasando por la profundización de las relaciones comerciales de Colombia con algunos países del mundo a través de los Tratados de Libre Comercio. En este último aspecto se muestra que el bajo aprovechamiento de los TLC ha tenido que ver con una coyuntura de contracción de la economía mundial, lo cual ha restringido la demanda externa de productos nacionales. En la segunda sección se presenta el desarrollo teórico del modelo gravitacional de comercio exterior a partir de los trabajos seminales de [Ravestein \(1885\)](#), [Tinbergen \(1962\)](#) y [Anderson \(1979\)](#), así como algunas aplicaciones empíricas del mismo, prestando especial interés al caso de Colombia. La tercera sección presenta la aplicación del modelo de gravedad de comercio exterior para Colombia, en el cual se presenta la estimación del modelo para el nivel nacional (relación bilateral Colombia-Mundo) y también para el nivel departamental (departamentos de Colombia-Mundo). Por último, se presentan las conclusiones que se desprenden de este estudio.

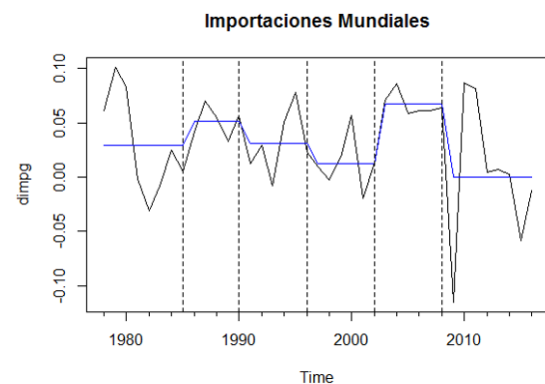
2. COMERCIO EXTERIOR COLOMBIANO, 1993-2015

A partir de la década de los noventa se inició en Colombia una serie de reformas encaminadas a alcanzar una mayor inserción de la economía nacional en las dinámicas globales. Parte de esta estrategia consistió en la eliminación de diversas restricciones vinculadas al comercio exterior. En este contexto, se produjo una rebaja de aranceles a la importación y un progresivo desarme de las regulaciones, barreras y trabas al

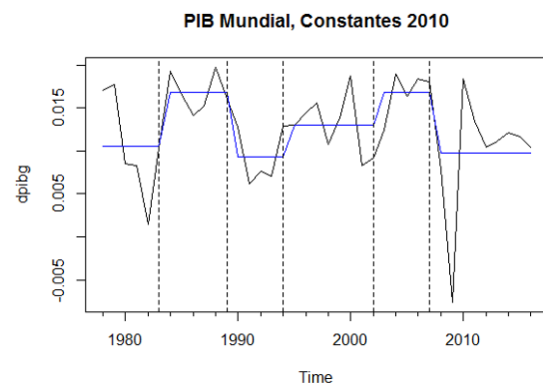
comercio en general. Esta política vino acompañada por la creación de una nueva institucionalidad que propendiera por el aumento de las exportaciones y a una mayor inserción de las empresas nacionales en el mercado internacional.

En la década pasada se conjugaron dos factores decisivos que ayudaron a potenciar el logro de este objetivo: la profundización de las relaciones comerciales de Colombia con otras naciones del mundo y al aumento progresivo de los precios internacionales de los principales productos de exportación de la economía colombiana, entre estos el petróleo, lo cual catapultó las exportaciones nacionales desde US\$7.244 millones en 1991 a US\$39.713 millones en el año 2010.

FIGURA 1. PIB mundial e importaciones, 1980-2016



(a) Variación anual de las importaciones mundiales



(b) Variación anual del PIB mundial

Fuente. Banco Mundial - Wits, 2017. Cálculos del autor.

Por otra parte, en los últimos seis años (2011-2016) la dinámica del comercio internacional estuvo marcada por diversos factores, entre estos, a nivel externo se resaltan:

la contracción de la demanda externa, a causa de la incertidumbre en el crecimiento de la economía mundial, y el cambio de tendencia de los precios internacionales de los commodities. A nivel interno se encuentran: la alta volatilidad de la tasa de cambio, que obedece a los movimientos financieros internacionales, el alto costo-país para la exportación y los problemas estructurales a nivel competitivo y productivo.

Este escenario poco favorable estableció la necesidad de que la economía nacional lograra consolidarse en las dinámicas del comercio externo, minimizando los efectos adversos que pudiera tener la volatilidad macroeconómica en el entorno internacional. A esto debe sumarse la alta dependencia del país a las ventas de bienes primarios al exterior, los cuales representan cerca del 60 % de las exportaciones totales. En este sentido, ambos factores pueden ser elementos que han incidido significativamente en el desempeño y aprovechamiento de los Tratados de Libre Comercio suscritos por Colombia.

De hecho como se observa en la [figura 2](#), la mayor parte de los TLC vigentes para Colombia entraron en vigencia a partir del año 2009, lo cual coincidió con un escenario de contracción económica a nivel global, de manera que, la consecuente caída del comercio exterior colombiano afectó negativamente la implementación, aprovechamiento y desempeño de los Acuerdos de Libre Comercio en este periodo de tiempo.

La coyuntura de estos años, caracterizada por un lento crecimiento de la economía mundial y a un entorno de bajos precios internacionales de los productos primarios, en especial los minero energéticos, tuvo un impacto no solo sobre el comercio exterior de Colombia, sino también sobre el del resto de países latinoamericanos, particularmente en sus exportaciones, las cuales registraron variaciones negativas, debido a la estructura primaria de sus ventas al exterior.

Adicionalmente, a pesar de la devaluación de sus monedas, las exportaciones no minero-energéticas también se redujeron en algunos países latinoamericanos como respuesta a la débil demanda mundial, lo cual condujo a la ampliación del déficit comercial o a una reducción significativa del superávit comercial, según sea el caso, y que de acuerdo a [Ibáñez y Bermúdez \(2017\)](#) fue explicada por la baja diversificación de productos de sus canastas exportables, y no propiamente a un menor número de destinos.

3. MODELO GRAVITACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR

Las primeras aplicaciones de la Ley de Gravedad de Newton al comercio internacional se remontan a

[Ravestein \(1885\)](#) y [Tinbergen \(1962\)](#), quienes usaron la ecuación de gravedad para estudiar la inmigración y los flujos comerciales, respectivamente. Sin embargo fue [Anderson \(1979\)](#) el primero en plantear el aparato teórico del que se desprende este modelo, al suponer una canasta de bienes diferenciadas por su lugar de origen y una función de utilidad de elasticidad de sustitución constante (CES).

El modelo parte por considerar un conjunto de N países, en donde cada economía produce una variedad de bienes (diferenciados por su lugar de origen) que son comerciados con el resto del mundo. La oferta de cada bien es fija Q_i , y el precio de fábrica es p_i . Dado lo anterior, el valor de la producción doméstica en una economía representativa es definida como $Y_i = p_i Q_i$, donde Y_i es el ingreso nominal del país i . La demanda agregada del país i es denotada por E_i , la cual puede ser expresada en términos del ingreso nominal de la economía $E_i = \phi Y_i$, donde $\phi > 1$ muestra que el país presenta un déficit comercial, mientras que $1 > \phi > 0$ indica un superávit.

Desde el lado de la demanda, las preferencias del consumidor se asumen homotéticas, idénticas a través de los países, y dadas por una función de utilidad CES por país:

$$\left\{ \sum_i \alpha_i^{1-\sigma/\sigma} c_{ij}^{\sigma-1/\sigma} \right\}^{\sigma/\sigma-1}$$

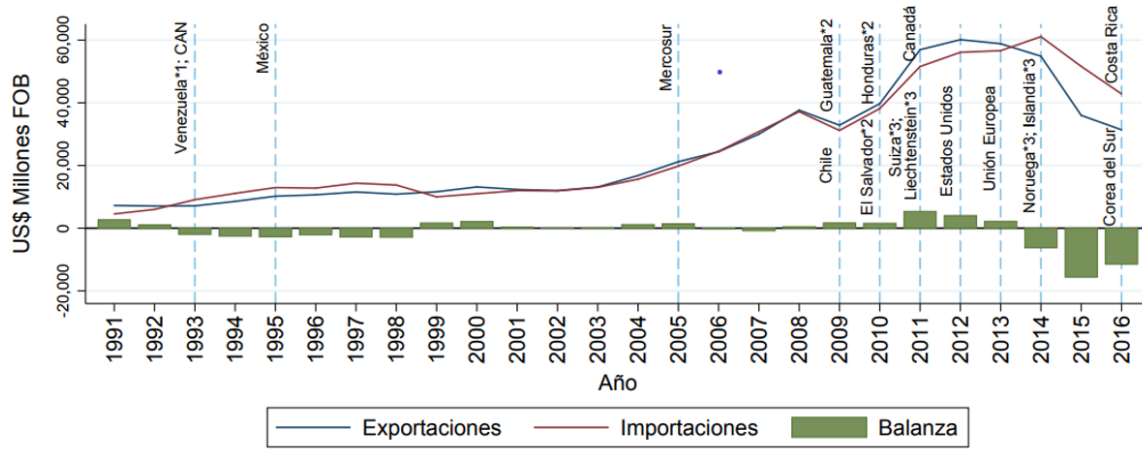
Donde $\sigma > 1$ es la elasticidad de sustitución entre diversas variedades, $\alpha > 0$ es el parámetro de preferencia en la función CES, el cual es tratada como un parámetro exógeno de 'preferencia', y C_{ij} denota el consumo de variedades del país j al país i .

La ecuación a maximizar depende de la siguiente función de restricción presupuestal:

$$\sum_i p_{ij} c_{ij} = E_j$$

La ecuación anterior asegura que el gasto total en el país i , E_j , es igual al gasto total de las variedades de todos los países, incluyendo j , a precios de mercado $p_{ij} = p_i t_{ij}$, los cuales son definidos como una función de los precios del país de origen, p_i , más el costo bilateral del comercio, $t_{ij} > 1$, entre el país i y su socio comercial j .

Solucionando el problema de optimización para el consumidor, la demanda de bienes desde el origen i al destino j , se define como:

FIGURA 2. Comercio exterior de Colombia (1991-2016) y entrada en vigencia de los TLC suscritos.

*1: Retirado de la CAN en 2006. Se firma Acuerdo de Alcance Parcial en Octubre de 2012
 *2: Países miembros del Triángulo Norte
 *3: Países miembros de EFTA

Fuente. Mincit, 2017. Cálculos del autor.

Siguiendo a [Anderson y Van Wincoop \(2003\)](#) el término en el denominador de la ecuación (1-6) puede ser definido como $\prod_i^{1-\sigma} = \sum_j (t_{ij}/P_j)^{1/\sigma} E_j/Y$, y ser sustituido dentro la ecuación (1-6):

$$X_{ij} = \left(\frac{\alpha_i p_i t_{ij}}{P_j} \right)^{1/\sigma} E_j$$

Donde X_{ij} denota el flujo de comercio del exportador i al destino j , y por ahora P_i puede ser interpretado como el índice de precios al consumidor:

$$P_j = \left(\sum_i (\alpha_i p_i t_{ij})^{1/\sigma} \right)^{1/1-\sigma}$$

El paso final para la derivación del modelo estructural de gravedad es imponer la condición de 'vacío' del mercado desde cada origen:

$$Y_i = \left(\sum_j \frac{\alpha_i p_i t_{ij}}{P_j} \right)^{1/\sigma} E_j$$

Esta condición establece que el valor de la producción del país i , Y_i , es igual al gasto total en las variedades de todos los países del mundo, incluyendo a sí mismo.

Definiendo $Y_i = \sum_j Y_{ij}$ y dividiendo la ecuación (1-5) por Y_i , los términos pueden ser reorganizados para obtener:

$$(\alpha_i p_i)^{1/\sigma} = \frac{Y_i/Y}{\sum_j (t_{ij}/P_j)^{1/\sigma} E_j/Y}$$

$$(\alpha_i p_i)^{1/\sigma} = \frac{Y_i/Y}{\prod_i^{1-\sigma}}$$

Usando la ecuación (1-7) para sustituirla en la ecuación (1-4), y combinando la definición de $\prod_i^{1-\sigma}$, con las expresiones resultantes que corresponden a las ecuaciones (1-3) y (1-4), el sistema estructural del modelo gravitacional está dado por:

$$X_{ij} = Y_i E_j / Y \left(t_{ij} / \prod_i P_j \right)^{1/\sigma}$$

$$\prod_i^{1-\sigma} = \sum_j (t_{ij}/P_j)^{1/\sigma} E_j/Y$$

$$P_j^{1-\sigma} = \sum_i \left(t_{ij} / \prod_i \right)^{1/\sigma} Y_i/Y$$

En la literatura empírica reciente abundan las estimaciones de esta ecuación. Una de las aplicaciones más importantes son las de [Rose \(2000\)](#) y [Rose \(2004\)](#),

quien ha utilizado el modelo para evaluar el impacto sobre el comercio de las uniones monetarias y los efectos de la adhesión a la Organización Mundial del Comercio. La base de datos utilizada en [Rose \(2004\)](#) consta de 178 países, con información anual de comercio internacional bilateral entre 1948 y 1999. Además de contener información sobre comercio, PIB, PIB per capita, población, área y distancia entre países, incluye una serie de variables dicótomas que captan -para cada pareja de países que comercian- aspectos tales como: si tienen acceso al mar, si son islas, si tienen o han tenido una relación colonial con el socio comercial, si hacen parte de una unión monetaria, si han establecido acuerdos de libre comercio y si han recibido preferencias arancelarias. Dentro de los resultados estimados se encuentra que los países que se adhieren o pertenecen al GATT-OMC, no experimentan un incremento en su comercio bilateral de forma significativa, aunque para la variable: Sistemas de Preferencias Arancelarias, el impacto parece ser positivo y significativo.

Ahora bien, en relación a las aplicaciones empíricas de este modelo para el caso de Colombia se encuentran el trabajo de [Cárdenas y García \(2004\)](#), quienes a partir de datos anuales de comercio exterior entre 178 países para el período 1948-1999 estiman un modelo gravitacional para Colombia con el fin de predecir los flujos de comercio entre estos países. Adicionalmente, estiman el impacto que tendría un TLC entre Colombia y Estados Unidos. Dentro de estos resultados encuentran que el comercio bilateral se incrementaría en 40 %, y aseguran que el comercio caería en 58 % al no firmarse el tratado y perderse las preferencias arancelarias del ATPDEA. En otras estimaciones emplean datos de importaciones de EEUU por sector económico y encuentran efectos similares.

[Umaña, Junca y Zerda \(2006\)](#) realizan un estudio sobre las barreras al comercio de bienes y servicios de Bogotá frente al TLC con EE.UU, así como la estimación del impacto esperado del Acuerdo a partir del momento de su implementación. A nivel metodológico emplean el modelo estándar de gravedad de comercio exterior, en el que encuentran que los beneficios del TLC son significativamente menores a los encontrados en estudios anteriores y señalan que el impacto esperado sería de 26,4 %.

Por otra parte, en un trabajo de [Correia \(2008\)](#), se hace uso del modelo gravitacional para analizar la eficacia del sistema de preferencias arancelarias de la Unión Europea en promover las exportaciones Colombianas. El estudio encuentra que las preferencias concedidas por la UE han sido consecutivamente menos eficaces en la promoción de las exportaciones Colombianas. Este hecho es explicado por tres

factores: el sistema de preferencias de EE. UU. es consecutivamente más eficiente y la profundización de la integración comercial de la Comunidad Andina. Adicionalmente, el autor realiza un análisis sectorial, en el cual encuentra que el programa europeo no ha tenido un efectos homogéneo en los diferentes sectores productivos que realizan exportaciones.

En uno de los últimos trabajos realizados, [Bolívar, Cruz y Pinto \(2015\)](#) estiman mediante el modelo gravitacional de comercio exterior el efecto de la distancia -medida no solo desde el punto de vista geográfico, sino también a nivel político, cultural y económico- sobre el comercio bilateral entre Colombia y 173 países del mundo. Los autores encuentran que, en la selección de sus socios comerciales, Colombia, es muy sensible a la distancia geográfica y más sensible aún, a que los países socios sean hispanohablantes. Además, variables geográficas, como el acceso al mar, y variables administrativas, como tener acuerdos regionales y pertenecer a la Organización Mundial de Comercio, resultan ser definitivas para entablar relaciones comerciales con el resto del mundo.

4. ESTIMACIÓN DEL MODELO GRAVITACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR

4.1. A nivel Nacional

El análisis propuesto en este trabajo intenta identificar los factores que determinan la relación comercial de Colombia con un panel de 82 países del mundo a lo largo del periodo 1993-2015. Dentro de los criterios de selección de los países se tuvieron en cuenta la disponibilidad de información estadística para el periodo en mención y el grado de representatividad de estos dentro del comercio exterior colombiano: participan con cerca del 90 % del valor exportado y el 93 % de las importaciones totales. Por otra parte, en cuanto al enfoque metodológico, se tomaron como base los trabajos de [Rose \(2004\)](#) y [Yotov \(2016\)](#); en este último se aplicó un modelo Pseudo Poisson de Máxima Verosimilitud (PPML) como estrategia de estimación.

El estimador de PPML cuenta con varias ventajas, entre estas que es consistente en presencia de efectos fijos, que se pueden ingresar como variables. Esta es una propiedad inusual de los estimadores de máxima verosimilitud no lineal, muchos de los cuales tienen propiedades poco entendidas en presencia de efectos fijos. El punto es particularmente importante para el modelado gravitacional porque la mayoría de los modelos teóricos alrededor de este tema requieren la inclusión de efectos fijos a nivel de individuos y la variable tiempo. En segundo lugar, el estimador de PPML incluye naturalmente observaciones para las

cuales el valor comercial observado es cero. Tales observaciones se descartan del modelo OLS porque el logaritmo de cero no está definido. Sin embargo, son relativamente comunes en la matriz de comercio, ya que para un país y periodo en específico el flujo comercial puede ser cero. De modo que, eliminar las observaciones en cero en la estimación por OLS conduce al sesgo de selección de muestra. Por lo tanto, la capacidad de PPML para incluir observaciones iguales a cero de forma natural y sin ninguna adición al modelo básico es muy deseable.

En tercer lugar, la interpretación de los coeficientes del modelo PPML es sencilla y sigue exactamente el mismo patrón que bajo OLS. Aunque la variable dependiente para la regresión de PPML se especifica como exportaciones en niveles en lugar de en logaritmos, los coeficientes de cualquier variable independiente transformada en logaritmos todavía se pueden interpretar como una elasticidad.

$$\begin{aligned} Trade_{cjt} = & \exp[\eta_0 + \eta_1 PIB_{jt} + \eta_2 Dist_{cj} + \\ & \eta_3 Lang_{cj} + \eta_4 Front_{cj} + \eta_5 Colon_{cj} + \eta_6 TLC_{cjt} + \\ & \eta_7 RTA_{cjt} + \sum \phi_{jt} T_{jt}] \times \varepsilon_{cjt} \end{aligned}$$

Dada la naturaleza de la ecuación de gravedad estructural y asumiendo que esta se mantiene en cada periodo de tiempo t , es posible log-linealizarla y expandirla con un término de error aditivo ε_{cjt} .

$$\begin{aligned} Trade_{cjt} = & \beta_0 + \beta_1 \ln(PIB_{jt}) + \beta_2 \ln(Dist_{cj}) + \\ & \beta_3 Lang_{cj} + \beta_4 Front_{cj} + \beta_5 Colon_{cj} + \beta_6 TLC_{cjt} + \\ & \beta_7 RTA_{cjt} + \sum \phi_{jt} T_{jt} + \varepsilon_{cjt} \end{aligned}$$

En donde la variable $Trade_{cjt}$ representa el flujo del comercio bilateral entre Colombia y el país j en el periodo t medido en dólares FOB, PIB_{jt} es el Producto Interno Bruto del país socio medido en dólares constantes del año 2010, $Dist_{cj}$ es la distancia entre Colombia y el país socio medida en kilómetros, $Lang_{cj}$ es una variable categórica que toma el valor de 1 si el idioma oficial del país socio es el español, y 0 en otro caso, $Colon_{cj}$ es una variable categórica que toma el valor de 1 si existió una relación colonial entre Colombia y el país socio, y 0 en otro caso.

T_{jt} es un conjunto de Efectos Fijos a nivel de país socio y periodo de tiempo. Se busca con este conjunto de variables controlar los efectos no observados propios de cada país en un periodo específico de tiempo. Con esto se busca aislar el efecto que podría tener el entorno económico particular de cada socio sobre los flujos

comerciales bilaterales de Colombia, y que en caso de no ser modelados en la estimación podrían sesgar los resultados de la regresión.

Por último, las variables TLC_{cjt} y RTA_{cjt} representan los acuerdos comerciales y de preferencias arancelarias, respectivamente, que Colombia ha suscrito con diversos países, y que toman el valor de 1 en el momento en que estos entraron en vigencia. La idea de introducir variables que recojan la desgravación de productos de manera parcial (acuerdos de preferencias arancelarias) o total (tratados de libre comercio) entre Colombia y el mundo, tienen como fin identificar el impacto de tales medidas sobre el comercio bilateral en el momento en que estos entraron en vigencia, a través de lo que se supone será un cambio estructural en los niveles comerciales.

Los resultados de las estimaciones se presentan en la [tabla 1](#). En general se observa que entre mayor es el tamaño de la economía y menor es la distancia geográfica que separa a Colombia con el país socio, el intercambio comercial es mucho mayor tanto a nivel de las exportaciones, las importaciones y el flujo comercial bilateral entre las dos economías (ver columnas 1, 2 y 3). De hecho, dentro de los coeficientes estimados, los parámetros de estas variables son los que presentan una mayor magnitud en comparación al resto de variables estimadas. En relación a las variables: *Fronterizos* e *Idioma*, se encuentra que el efecto estimado es positivo sobre las exportaciones, pero negativo para el caso de las importaciones y el comercio bilateral. Esto encuentra explicación en dos efectos coyunturales ocurridos durante el periodo de estudio: primero, la mayor representatividad de las importaciones provenientes de algunos países del Sudeste Asiático, Europa y EE.UU, y segundo, la consecuente caída del comercio bilateral con algunos países fronterizos y con los que se comparte el mismo idioma oficial, entre estos: Venezuela y Ecuador, por cuenta de las mayores restricciones impuestas al comercio internacional por sus gobiernos de turno.

A nivel de las variables TLC (Tratados de Libre Comercio) y RTA (Regional Trade Agreement - Acuerdos de Preferencias Arancelarias) se observa que el impacto a pesar de ser positivo, resulta no ser significativo para las exportaciones, pero si para las importaciones y el flujo comercial bilateral. En términos generales se observa que la existencia de un TLC entre Colombia y el país socio aumentó el intercambio bilateral a partir del año en que estos entraron en vigencia en cerca de 23 %, en comparación con los países para los cuales no se cuenta con un TLC vigente. Para la variable RTA el impacto estimado es mayor debido a que estos tipos de acuerdos cuentan con un periodo

CUADRO 1. Modelo Gravitacional de Comercio Exterior

VARIABLES	(1) Export	(2) Import	(3) Trade	(4) Export NME	(5) Import NME	(6) Trade NME
TLC	0.162 (0.169)	0.358*** (0.116)	0.237* (0.124)	0.241** (0.101)	0.247* (0.132)	0.276* (0.129)
RTA	0.228 (0.365)	0.556* (0.228)	0.383 (0.224)	-0.095 (0.201)	0.557* (0.238)	0.484* (0.204)
Frontera	4.906 (1.086)	-0.950*** (0.611)	-0.965*** (0.633)	3.027* (0.722)	-0.905*** (0.621)	-0.891*** (0.693)
Lengua	193.028*** (1.591)	-0.605*** (0.135)	0.126 (0.135)	24.103*** (1.076)	-0.316*** (0.139)	0.174 (0.126)
ln_DIST	-3.186*** (0.437)	-3.619*** (0.669)	-4.677*** (0.698)	-2.570*** (0.310)	-3.490*** (0.681)	-3.948*** (0.760)
Ipib	2.401*** (0.551)	1.902*** (0.255)	2.082*** (0.270)	1.826*** (0.368)	2.000*** (0.261)	2.012*** (0.289)
Constant	-30.22** (12.82)	-7.393*** (1.107)	-2.628** (1.296)	-19.10** (8.448)	-11.82*** (1.197)	-7.921*** (1.207)
Observations	2,017	2,017	2,017	2,017	2,017	2,017
R-squared	0.956	0.979	0.979	0.919	0.972	0.965

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

de implementación mucho más amplio en comparación a los *TLC* suscritos recientemente, este se ubica en 38,3 %.

4.2. Escenario contrafactual

Ahora bien, partiendo de lo que se advirtió en la sección anterior, en el que la contracción de la economía mundial y el consecuente deterioro en los términos de intercambio podrían sesgar el impacto estimado de los *TLC* que entraron en vigencia a lo largo del periodo 2009-2016, y con el fin de dar un abordaje alternativo a la caída del comercio exterior colombiano eliminando tal efecto coyuntural, se optó por aplicar tres tipos de transformaciones sobre las variables: exportaciones, importaciones y comercio bilateral (ver figura 3).

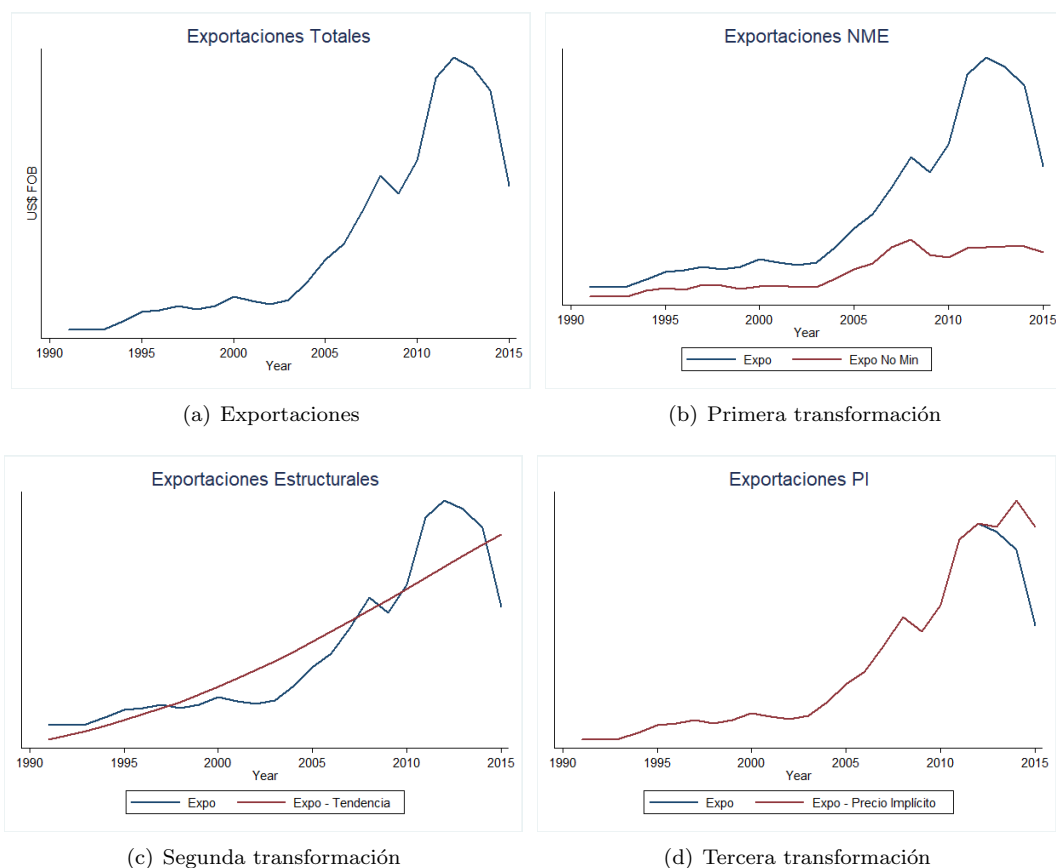
Por un lado, se estimó el modelo gravitacional para la canasta de bienes No minero-energéticos, cuyos resultados se muestran en la Tabla N. 1 (ver columnas 4, 5 y 6); en segundo lugar se aplicó una transformación que es usual en las series temporales, el filtro Hodrick y Prescott para extraer el componente tendencial de las variables de comercio exterior y que para efectos de este trabajo harán las veces del comercio bilateral estructural. Por último, se probó empalmar las series de comercio a partir del año 2012 bajo la metodología de precio implícito, esto con el fin de modelar el impacto de la caída de los precios internacionales sobre el flujo comercial bilateral de Colombia con el mundo (ver tabla

N. 2).

Respecto al primer tipo de transformación, para identificar la canasta de bienes no minero-energéticos se usó la clasificación de productos del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (Clasmin), en ésta se reúnen todas las partidas arancelarias correspondientes a los bienes agropecuarios, agroindustriales e industriales comercializados por Colombia. Para el año 2016 el valor exportado de este tipo de bienes alcanzó los US\$ 14.192,4 millones y representó el 45,2 % de las ventas totales de Colombia al mundo, en tanto para el caso de las importaciones, esta canasta de bienes representó cerca del 90,8 % de las compras totales (US\$ 40.744,4 millones).

Una de las ventajas de usar esta variable es que, como se observa en el gráfico 3, la evolución de las exportaciones No Minero-Energéticas ha sido menos volátil en comparación a las exportaciones totales, lo cual permitirá estimar el impacto de las variables gravitacionales sobre el valor comercializado excluyendo el peso de productos tales como el petróleo, el carbón y sus derivados. Para el caso específico de la variable *TLC*, se encuentra que para los países con los que se cuenta con un Acuerdo Comercial vigente, las ventas desde Colombia se han incrementado en 24,1 %, en tanto las importaciones crecieron 24,7 % y el comercio bilateral experimentó un impacto de 27,6 %.

En cuanto a la segunda transformación de las variables, se extrajo el componente tendencial de las series de comercio exterior mediante el filtro de Hodrick

FIGURA 3. Exportaciones colombianas, 1993-2015

Fuente. Dane y Mincit, 2016. Cálculos del autor.

y Prescott. Esta metodología aísla el componente cíclico de las exportaciones y las importaciones y mantiene el componente estructural de las series, de manera que al realizar la estimación del modelo se espera identificar el impacto de las variables gravitacionales sobre el comercio exterior colombiano sin la distorsión generada por la volatilidad temporal asociada al ciclo económico. En la [tabla 2](#) se presentan los resultados estimados (ver columnas 7, 8 y 9), en ésta se observa que los Tratados de Libre Comercio aumentaron las exportaciones estructurales en 26,7 %, las importaciones estructurales en 26,4 % y el comercio bilateral estructural en 25,5 % con los países para los cuales estos se encuentran vigentes.

Por último, la tercera transformación consistió en empalmar las variables de exportaciones e importaciones para el periodo 2012-2015 con los precios implícitos (US\$ / Kg) del año 2012, esto con el fin de eliminar el impacto de la caída de los precios internacionales de los bienes comerciados por Colombia, y de esta manera obtener un escenario contrafactual de como habría sido

la dinámica de las exportaciones y las importaciones si se hubiesen mantenido los mismos precios del año 2012. En términos generales, se encuentra que el impacto de los TLC habría sido mayor para el caso de las importaciones (56,0 %) y para el comercio bilateral (34,9 %), en tanto para las exportaciones el impacto habría sido menor y se ubicó en 19,5 %.

A modo de síntesis, se puede inferir que a partir de estas tres transformaciones de las variables de exportaciones, importaciones y flujo bilateral al aislar los efectos de la contracción de la demanda externa y el de la caída de los precios internacionales, el impacto de los TLC sobre el comercio exterior colombiano habría sido superior al impacto efectivamente observado en los últimos años.

4.3. A nivel departamental

Con el propósito de desagregar el impacto de las variables gravitacionales de comercio exterior a nivel departamental, y en especial en lo referente al impacto

CUADRO 2. Modelo Gravitacional para variables transformadas

VARIABLES	(7) Tend Expo	(8) Tend Impo	(9) Tend Trade	(10) Export PI	(11) Import PI	(12) Trade PI
TLC	0.267*** (0.0724)	0.264** (0.106)	0.255*** (0.0820)	0.195 (0.171)	0.560*** (0.113)	0.349*** (0.113)
RTA	1.746** (0.500)	2.216*** (0.373)	2.007*** (0.332)	0.217 (0.378)	0.665** (0.216)	0.442* (0.216)
Frontera	-0.890*** (0.670)	-0.716*** (0.428)	-0.753*** (0.357)	3.831 (1.065)	-0.938*** (0.678)	-0.952*** (0.621)
Lengua	2.340*** (0.257)	-0.387*** (0.192)	0.895*** (0.170)	134.233*** (1.559)	-0.560*** (0.136)	0.317** (0.131)
ln_DIST	-3.576*** (0.714)	-1.998*** (0.449)	-2.832*** (0.373)	-3.065*** (0.424)	-3.293*** (0.733)	-4.337*** (0.680)
lpib	1.589*** (0.280)	1.344*** (0.170)	1.429*** (0.145)	2.259*** (0.540)	1.760*** (0.280)	1.930*** (0.262)
Constant	-1.024 (2.006)	-7.147*** (1.221)	-2.172* (1.199)	-26.99** (12.59)	-6.546*** (1.143)	-1.638 (1.223)
Observations	2,017	2,017	2,017	2,017	2,017	2,017
R-squared	0.993	0.987	0.993	0.956	0.960	0.982

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

heterogeneo de los TLC sobre las regiones de Colombia, se optó por realizar la estimación de la ecuación de gravedad para cada uno de los 32 departamentos. A continuación se presenta el modelo a estimar, siguiendo el mismo enfoque metodológico de la sección anterior:

$$Trade_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 Ln(PIB_{jt}) + \beta_2 Ln(Dist_{ij}) + \beta_3 Lang_{ij} + \beta_4 Front_{ij} + \beta_5 Colon_{ij} + \beta_6 minero_i + \beta_7 costero_i + \beta_8 TLC_{ijt} + \beta_9 RTA_{ijt} + \sum \phi_{ijt} T_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

En donde la variable $Trade_{ijt}$ representa el flujo del comercio bilateral entre el departamento i y el país j en el periodo t medido en dólares FOB, PIB_{jt} es el Producto Interno Bruto del país socio medido en dólares constantes del año 2010, $Dist_{ij}$ es la distancia entre el departamento i y el país socio medida en kilómetros, $Lang_{ij}$ es una variable categórica que toma el valor de 1 si el idioma oficial del país socio es el español, y 0 en otro caso, $Colon_{ij}$ es una variable categórica que toma el valor de 1 si existió una relación colonial, y 0 en otro caso, $minero$ indica si el enfoque productivo del departamento esta orientado hacia el sector minero-energético, y $costero$ indica si el departamento se localiza geográficamente sobre alguna de las dos costas maritimas de Colombia, T_{ijt} es un conjunto de Efectos Fijos a nivel de departamento, país socio y periodo de tiempo. Por último, las variables TLC_{ijt} y RTA_{ijt} representan los acuerdos comerciales y de preferencias

arancelarias, respectivamente, que Colombia ha suscrito con diversos países, y que toman el valor de 1 en el momento en que estos entraron en vigencia.

En la [tabla 3](#) se presenta el impacto estimado de la variable TLC sobre cada una de las variables que representan comercio exterior. En términos generales, se observa un impacto positivo y significativo de los Acuerdos Comerciales vigentes en 16 de los 30 departamentos analizados. Se destacan entre estos el incrementó del comercio bilateral con los países socios para los departamentos de Antioquia (31,1%), Atlantico (36,5%), Bogotá (42,2%), Bolivar (70,4%), Caldas (26,1%), Cundinamarca (18,9%), Risaralda (19,2%), Santander (39,0%) y Valle del Cauca (29,8%).

Lo anterior es explicado porque son estas regiones en específico, los principales focos productivos de la Nación, en donde se concentra gran parte de la actividad económica nacional y también la mayor proporción de la población. Estos elementos, junto a factores institucionales, tecnológicos y logísticos de estas zonas del país, determinan su mejor aprovechamiento de los TLC gracias a su mayor oferta exportable y a sus mayores posibilidades de consumo de bienes importados.

En cuanto al resto de departamentos analizados en los que el impacto estimado fue negativo o incluso llego a no ser significativo, este resultado pudo ser atribuido a la baja orientación de estas regiones del país hacia el mercado externo, en donde la estructura primaria de su

economía y su vocación productiva encaminada hacia el mercado interno, explican el bajo aprovechamiento de estas regiones de los TLC suscritos por Colombia. Entre estos se destacan los departamentos pertenecientes a la región de la Amazonía, la Orinoquía y algunos ubicados sobre la Costa Pacífica, los cuales dado las potencialidades de su economía y de la canasta de bienes que podrían exportarse, cuentan con una amplia probabilidad de éxito en su inserción al mercado internacional.

5. CONCLUSIONES

El modelo de gravedad de comercio exterior continúa siendo una herramienta efectiva para predecir los flujos comerciales entre los países. Para el caso de Colombia en el periodo 1993-2015, se encontró que factores como el tamaño de las economías de los países socios y la distancia geográfica que los separa uno del otro, son elementos que contribuyen a explicar el intercambio comercial entre Colombia y el resto del mundo.

En términos generales, la inserción de Colombia en el mercado internacional tuvo dos grandes momentos, el primero de ellos, con la adopción de una política de apertura económica en la década de los noventa, mediante la eliminación de diversas barreras al comercio exterior, y el segundo, con la negociación e implementación de diversos Acuerdos Comerciales en la última década, en aras de lograr una mayor integración comercial de Colombia con algunos países del mundo.

No obstante, pese a lo anterior la dinámica del comercio internacional en los últimos años estuvo marcada por diversos factores, entre estos, a nivel externo se resaltan: la contracción de la demanda externa, a causa de la contracción en el crecimiento de la economía mundial, y el cambio de tendencia de los precios internacionales de los commodities. A nivel interno se encuentran: la alta volatilidad de la tasa de cambio, que obedece a los movimientos financieros internacionales, el alto costo-país para la exportación y los problemas estructurales a nivel competitivo y productivo.

Tomando en consideración estos factores se procedió a realizar tres tipos de transformaciones a las variables de exportaciones, importaciones y flujo bilateral. Esto con el fin de generar un escenario contrafactual del comportamiento del comercio exterior colombiano, y de esta forma, estimar el impacto potencial de los TLC suscritos en los últimos años. En términos generales, se observa que tener un Acuerdo Comercial incrementa el comercio bilateral con los países para los que se encuentran vigentes en 23,7%, en comparación a los países con los que no se cuenta con esta figura.

CUADRO 3. Impacto de los TLC

DEPARTAMENTO	VARIABLES	TLC	DESV. ST.
AMAZONAS	Trade	-0.705**	(0.550)
	Export	-0.034	(0.594)
	Import	-0.213	(0.368)
	Tend Expo	-0.025	(0.0210)
	Tend Impo	-0.220	(0.156)
	Tend Trade	-0.288**	(0.171)
	Expo NME	0.131	(0.631)
ANTIOQUIA	Trade	0.311***	(0.0751)
	Export	0.443***	(0.138)
	Import	0.244**	(0.0873)
	Tend Expo	0.225***	(0.0595)
	Tend Impo	0.225***	(0.0443)
	Tend Trade	0.245***	(0.0443)
	fobdoNME	0.040	(0.129)
ATLÁNTICO	Trade	0.365***	(0.0730)
	Export	0.355***	(0.0892)
	Import	0.351***	(0.0919)
	Tend Expo	0.203***	(0.0502)
	Tend Impo	0.171**	(0.0628)
	Tend Trade	0.188***	(0.0470)
	Expo NME	0.454***	(0.0890)
BOGOTÁ	Trade	0.422***	(0.0734)
	Export	0.554***	(0.164)
	Import	0.384***	(0.0691)
	Tend Expo	0.215***	(0.0561)
	Tend Impo	0.184***	(0.0449)
	Tend Trade	0.189***	(0.0427)
	Expo NME	0.634***	(0.168)
BOLÍVAR	Trade	0.704***	(0.0757)
	Export	0.752***	(0.157)
	Import	0.707***	(0.0814)
	Tend Expo	0.480***	(0.0663)
	Tend Impo	0.174***	(0.0364)
	Tend Trade	0.273***	(0.0421)
	Expo NME	0.273**	(0.121)
BOYACÁ	Trade	1.433***	(0.194)
	Export	1.863***	(0.220)
	Import	0.257	(0.253)
	Tend Expo	1.936***	(0.159)
	Tend Impo	0.191	(0.110)
	Tend Trade	1.401***	(0.146)
	Expo NME	1.145*	(0.409)
CALDAS	Trade	0.261**	(0.118)
	Export	0.336*	(0.156)
	Import	0.195	(0.118)
	Tend Expo	0.179***	(0.0636)
	Tend Impo	0.082	(0.0769)
	Tend Trade	0.149**	(0.0557)
	Expo NME	0.336*	(0.156)
CAQUETÁ	Trade	35.162***	(0.977)
	Export	-0.523	(0.875)
	Import	45.247***	(1.045)
CASANARE	Trade	-0.508***	(0.254)
	Export	-0.568**	(0.332)
	Import	0.285	(0.473)
	Tend Expo	0.009	(0.0156)
	Tend Impo	0.019	(0.0994)
	Tend Trade	0.122***	(0.0343)
	Expo NME	-0.928***	(0.894)
CAUCA	Trade	0.062	(0.0730)
	Export	0.373***	(0.110)
	Import	-0.165	(0.115)
	Tend Expo	0.115***	(0.0303)
	Tend Impo	-0.068	(0.0508)
	Tend Trade	0.005	(0.0286)
	Expo NME	0.374***	(0.111)

DEPARTAMENTO	VARIABLES	TLC	DESV. ST.
CESAR	Trade	-0.309*	(0.211)
	Export	-0.252	(0.211)
	Import	-0.244*	(0.157)
	Tend Expo	-0.018	(0.0615)
	Tend Impo	-0.104***	(0.0316)
	Tend Trade	-0.043	(0.0587)
	Expo NME	-0.129	(0.553)
CÓRDOBA	Trade	-0.104	(0.223)
	Export	-0.139	(0.272)
	Import	0.906***	(0.208)
	Tend Expo	0.044	(0.0778)
	Tend Impo	0.844***	(0.114)
	Tend Trade	0.052	(0.0692)
	Expo NME	-0.862***	(0.619)
CUNDINAMARCA	Trade	0.189*	(0.0946)
	Export	-0.017	(0.118)
	Import	0.297**	(0.103)
	Tend Expo	0.150**	(0.0606)
	Tend Impo	0.280***	(0.0952)
	Tend Trade	0.252***	(0.0760)
	Expo NME	-0.138	(0.101)
GUAVIARE	Trade	19.656**	(1.526)
	Export	35.452***	(1.302)
HUILA	Trade	0.046	(0.151)
	Export	0.170	(0.160)
	Import	-0.122	(0.257)
	Tend Expo	0.066***	(0.0130)
	Tend Impo	0.419***	(0.0921)
	Tend Trade	0.057***	(0.0140)
	Expo NME	0.307**	(0.120)
LA GUAJIRA	Trade	-0.274***	(0.0904)
	Export	-0.316***	(0.122)
	Import	-0.252**	(0.145)
	Tend Expo	0.013	(0.0639)
	Tend Impo	0.020	(0.0661)
	Tend Trade	0.004	(0.0470)
	Expo NME	-0.687***	(0.346)
MAGDALENA	Trade	-0.050	(0.194)
	Export	0.349	(0.196)
	Import	-0.528***	(0.194)
	Tend Expo	0.164	(0.104)
	Tend Impo	-0.058*	(0.0341)
	Tend Trade	0.071	(0.0597)
	Expo NME	0.244	(0.216)
META	Trade	-0.722***	(0.283)
	Export	-0.802***	(0.316)
	Import	0.606	(0.396)
	Tend Expo	0.011	(0.0163)
	Tend Impo	-0.244*	(0.168)
	Tend Trade	-0.004	(0.0287)
	Expo NME	-0.392	(0.692)
NARINO	Trade	0.861**	(0.248)
	Import	5.086***	(0.345)
NT SANTANDER	Trade	2.655***	(0.190)
	Export	5.271***	(0.277)
	Import	0.600**	(0.221)
	Tend Expo	0.732***	(0.0716)
	Tend Impo	0.765***	(0.0943)
	Tend Trade	0.679***	(0.0691)
	Expo NME	7.482***	(0.282)
PUTUMAYO	Export	-0.993	(6.109)
	Tend Expo	-0.051	(0.0461)
	Tend Impo	-0.532***	(0.167)
	Tend Trade	-0.081	(0.137)
	Expo NME	-0.089	(1.100)

DEPARTAMENTO	VARIABLES	TLC	DESV. ST.
QUINDÍO	Trade	0.086	(0.107)
	Export	0.063	(0.119)
	Import	-0.012	(0.241)
	Tend Expo	-0.019	(0.0183)
	Tend Impo	-0.006	(0.0749)
	Tend Trade	0.021	(0.0199)
	Expo NME	0.063	(0.119)
RISARALDA	Trade	0.192**	(0.0841)
	Export	0.252**	(0.110)
	Import	0.339**	(0.125)
	Tend Expo	0.110	(0.0635)
	Tend Impo	0.275***	(0.0740)
	Tend Trade	0.217***	(0.0432)
	Expo NME	0.247**	(0.109)
SAN ANDRÉS	Trade	1.330	(0.515)
	Import	3.614*	(0.870)
SANTANDER	Trade	0.390**	(0.157)
	Export	0.354	(0.303)
	Import	0.726***	(0.188)
	Tend Expo	0.162*	(0.0846)
	Tend Impo	0.493***	(0.0829)
	Tend Trade	0.223***	(0.0590)
	Expo NME	0.307	(0.222)
SUCRE	Trade	0.667	(0.898)
	Export	-0.699	(1.467)
	Import	2.177***	(0.400)
	Tend Expo	-0.625***	(0.176)
	Tend Impo	1.898***	(0.204)
	Tend Trade	-0.094	(0.156)
	Expo NME	17.247***	(0.449)
TOLIMA	Trade	0.405*	(0.192)
	Import	1.675***	(0.209)
VALLE DEL CAUCA	Trade	0.298***	(0.0545)
	Export	0.208**	(0.0825)
	Import	0.318***	(0.0753)
	Tend Expo	0.186***	(0.0385)
	Tend Impo	0.186***	(0.0587)
	Tend Trade	0.196***	(0.0461)
	Expo NME	0.260***	(0.0831)
VAUPÉS	Trade	2.504*	(0.728)
	Export	5.966**	(0.783)
	Import	-0.400	(1.348)
	Tend Expo	0.935***	(0.111)
	Tend Impo	1.502**	(0.413)
	Tend Trade	0.586***	(0.120)
	Expo NME	5.966**	(0.783)
VICHADA	Trade	21.737***	(0.677)
	Import	30.976***	(0.752)
	Tend Expo	5.443***	(0.611)
	Tend Impo	2.387***	(0.230)
	Tend Trade	2.600***	(0.224)
	Expo NME	0.636	(1.062)
Rob. stand. errors in ()			
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1			

Para el caso de la canasta de bienes no minero-energéticos el impacto estimado es de 27,6 %, en tanto para el comercio bilateral estructural se ubicó en 25,5 %. Por último, para el flujo comercial empalmado con precios implícitos del año 2012 el efecto estimado es de 34,9 %.

Por otra parte, con el animo de encontrar el efecto heterogeneo de las variables gravitacionales a nivel regional se estimó el modelo de gravedad de comercio exterior a nivel departamental para Colombia, entendiendo que la dinámica productiva de las regiones es bastante disimil entre si y el nivel de inserción en el comercio internacional tiende a variar para cada uno

de los casos. Dentro de los resultados estimados se encuentra que el impacto de los TLC ha sido positivo y significativo en 16 de los 30 departamentos analizados, entre estos se destacan Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca y Cundinamarca, los cuales concentran gran parte de la actividad económica nacional y tienen una marcada orientación productiva hacia el mercado internacional.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, J. (1979). A theoretical foundation for the gravity equation. *The American Economic Review*, Vol. 69, No. 1, 106-116.
2. Anderson, J. and Van Wincoop, E. (2003). Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle. *The American Economic Review*, Vol. 93, No 1, pp. 170-192.
3. Bolivar, L. et al. (2015). Modelo gravitacional del comercio internacional colombiano, 1991-2012. *Economía y Región*, Vol. 9, No 1, pp. 245-270.
4. Cárdenas, M. y García, C. (2004). El modelo gravitacional y el TLC entre Colombia y Estados Unidos. Documentos de trabajo Fedesarrollo No 27.
5. Correia, J. (2008). The determinants of colombian exports: an empirical analysis using the gravity model. *Desarrollo y sociedad*, primer semestre 2008, pp. 165-206.
6. Dixit, A. and Stiglitz, J. (1977). Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *The American Economic Review*, Vol. 67, No. 3 (Jun., 1977), pp. 297-308.
7. Ibáñez y Bermúdez (2017). Déficit comercial de Colombia en 2016: una mirada de política comparada. *Revista Estudios Económicos*, Vol. 01, No. 01, 2017.
8. Krugman, P. (1980). Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *The American Economic Review*, Vol. 70, No. 5 (Dec., 1980), 950-959.
9. Melitz, M. (2003). The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity, *Econometrica*, Vol. 71, No. 6. (Nov., 2003), pp. 1695-1725.
10. Melitz, M. and Ottaviano, G. (2008). Market size, trade, and productivity. *Review of Economic Studies* 75(1): 295-316.
11. Melitz, M. J. and Redding, S. (2015). New Trade Models, New Welfare Implications. *American Economic Review* 105(3): 1105-1146.
12. Ohlin, H. (1933). *Interregional and international trade*. Cambridge: Harvard University Press, 1933-XVII, p. 617.
13. Ravestein, E. (1885). The Laws of Migration. *Journal of the Statistical Society of London*, Vol. 48, No. 2 (Jun., 1885), pp. 167-235
14. Ricardo, D. (1987). *Principios de economía política y tributación*. Fondo de Cultura Económica. México D.F.
15. Rose, A. (2004). Do we really know that the WTO increases trade?. *The American Economic Review*, Vol. 94, No. 1, pp. 98-114.
16. Tinbergen, J. (1962). *Shaping the World Economy; Suggestions for an International Economic Policy*. Twentieth Century Fund, New York.
17. Umaña, G. et al. (2006). Las barreras al comercio de bienes y servicios de Bogotá. Una visión desde las negociaciones del TLC. Universidad Nacional de Colombia - Alcaldía Mayor de Bogotá, Colección Competitividad, 204 p.
18. Yotov, Y. (2016). An advanced guide to trade policy analysis: the structural gravity model. World Trade Organization. <http://vi.unctad.org/tpa>

Competición de modelos de pronóstico del sector turismo en Colombia

DANIEL R. ZAPATA S.

*Oficina de estudios económicos
Email: dzapata@mincit.gov.co*

El propósito de este documento es realizar una competición de pronósticos entre los modelos ARIMA, suavizamiento exponencial, red neuronal y la combinación simple de los tres modelos, aplicados a la serie de llegadas totales de turistas y de llegadas provenientes de diferentes destinos a Colombia. Se comparan los resultados a diferentes horizontes de las series en niveles y pre-procesados. Como resultado el modelo ARIMA y la combinación simple de pronósticos superan a los modelos de suavizamiento exponencial y red neuronal, sobretodo en horizontes cortos de pronóstico. También se encuentra evidencia a favor del pre-procesamiento de las series para su uso en los modelos de red neuronal.

Palabrasclave: Series de tiempo, Competición de pronósticos, demanda de turismo

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de obtener pronósticos confiables sobre la demanda de turismo en Colombia es de gran interés para los hacedores de política, en especial para el Ministerio de Comercio Industria y Turismo debido a las ganancias económicas que genera dicha actividad. Se han llevado a cabo importantes esfuerzos para volver a Colombia una potencia turística, según el Plan sectorial de Turismo 2014 - 2018, entre 2010 y 2013, al país han llegado más de 3 millones de turistas y ha recibido US \$ 12,877 millones de divisas en este periodo [Ministerio De Comercio, 2014]. Según cifras del DANE¹, entre el periodo de enero a julio de 2017, han llegado alrededor de 3, 477 millones de turistas, un crecimiento de 38.7 % respecto al mismo periodo del 2016. Así mismo, el PIB del sector comercio, reparación, restaurantes y hoteles fue alrededor de 66 mil millones de pesos colombianos, siendo el 8 % del PIB total del mismo año, de este sector, hoteles y restaurantes tiene una participación alrededor del 23 %.²

Uno de los primeros trabajos en realizar una revisión empírica sobre los diferentes métodos usados para

pronóstico de turismo fue realizado por Sheldon y Var [Sheldon and Var, 1985], los autores indican que los modelos ARIMA son los más simples y apropiados en la práctica; sin embargo, resalta que como cualquier modelo de serie de tiempo, son incapaces de predecir cambios que no estén basados en los datos pasados. También, los autores hacen mención del modelo gravitacional que resulta útil para predecir llegadas internacionales, apropiado para el uso de agencias gubernamentales.

En una revisión más reciente hecha por Song y Li [Song and Li, 2008], muestran que los métodos más usados para pronosticar turismo desde el 2000 han sido los modelos de series de tiempo, e.g. : SARIMA, modelos econométricos, e.g. : OLS, ECM, VAR, TVP y recientemente métodos como redes neuronales, métodos de series de tiempo borrosas, algoritmos genéticos y máquinas de vectores de soporte. Los autores resaltan los modelos SARIMA por su capacidad de manejar las variaciones estacionales, una característica dominante en la industria del turismo. Por su parte, citan varios casos en los cuales las redes neuronales superan los pronósticos obtenidos por modelos como ARIMA, suavizamiento exponencial y pronósticos ingenuos. Los autores también comentan

¹Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia.

²Fuente DANE, PIB a precios constantes y desestacionalizado.

sobre la competición y combinación de diferentes modelos de pronósticos, concluyendo que ninguna investigación encuentra modelos en específico que supere a los demás sistemáticamente, a diferencia de la combinación simple de modelos que mejora el poder de pronóstico en la mayoría de los casos.

Claveria y Torra [Claveria and Torra, 2014] realizaron una competición de pronósticos provenientes de diferentes metodologías y supuestos sobre la serie de turismo a Cataluña. Los autores proponen modelar dichas series usando los modelos ARIMA, red neuronal y SETAR. Los autores advierten que el hecho de que el modelo ARIMA genere mejores pronósticos en horizontes cortos, en parte se debe al pre-procesamiento que aplican a la serie, concluyendo que existe un intercambio entre el grado de pre-procesamiento de los datos y el grado de exactitud de los pronósticos obtenidos por la red neuronal.

Otro ejemplo del uso de redes neuronales fue expuesto por Palmer y Sesé [Palmer et al., 2006] en un trabajo detallado que explica su diseño y uso aplicándolas a la serie de turismo a las islas Baleares en España. Los autores resaltan las bondades de las redes, como los son no depender de relaciones estadísticas y distribuciones a priori sobre las series y flexibilidad; permitiéndoles aproximar funciones lineales y no lineales sin necesidad de conocer el proceso generador de datos. También critican la falta de desarrollo teórico, así como la ausencia de un desarrollo sistemático al momento de modelarlas a comparación de la metodología de Box- Jenkins. Presentan además la discusión sobre la necesidad o no de realizar un pre-procesamiento a los datos. Los autores concluyen que las redes neuronales pueden beneficiarse de manejar series desestacionalizadas y sin tendencia para el caso de su aplicación.

La necesidad de obtener pronósticos confiables para la creciente industria de turismo en Colombia junto con la posibilidad de aplicar diferentes modelos de pronóstico provenientes de diferentes perspectivas ha motivado el presente documento. En éste se pronostican las series de llegadas de Turistas a Colombia, en total y provenientes de cinco destinos comerciales importantes y que explican casi el 68 % de la serie de llegadas totales: Estados Unidos, MERCOSUR, México, Unión europea y Venezuela ³. En especial, el aumento en el total de llegadas al país a partir de agosto del 2016 es explicado por un aumento de llegadas provenientes de Venezuela, tendencia que se sigue manteniendo hasta la fecha.

Los modelos usados son ARIMA (SARIMA), suavizamiento exponencial, red neuronal y combinación sim-

ple de los tres modelos. Por su parte, se tomaran las series en niveles y sin tendencia y estacionalidad, esto con el fin de explorar si la aplicación de un pre-procesamiento a los datos cambia los resultados de la competición de pronóstico. Los pronósticos son evaluados fuera de muestra computando los pronósticos uno, dos, tres, seis y doce meses hacia adelante. Además se aplica la prueba de Diebold y Mariano para los pronósticos un paso hacia adelante.

Encontramos que en la mayoría de los casos los modelos ARIMA y la combinación simple muestran los mejores desempeños de pronóstico tanto para las series en niveles como pre-procesadas. También se encuentra evidencia a favor del pre-procesamiento de las series para su uso en los modelos de red neuronal.

Los modelos expuestos fueron implementados usando el paquete Forecast en R [Hyndman, 2017] de Hyndman, este paquete permite implementar una gran variedad de modelos de pronósticos, como también su uso de forma automática. En especial los modelos de suavizamiento exponencial aplican métodos de estado-espacio para determinar la naturaleza del error (aditivo o multiplicativo). Por otro lado, el modelo autoregresivo de red neuronal permite usar los rezagos estacionales y no estacionales de la serie, sin embargo, hay que resaltar que no posee un método de regularización sobre los parámetros como la validación cruzada o bayesiana, si no que recomienda limitar el número de neuronas de la red para evitar el sobreajuste.

El documento contiene cinco secciones, donde esta introducción es la primera. En la sección 2, se explican los modelos empleados para llevar a cabo los pronósticos. En la tercera sección se presentan las series de turismo, así como sus momentos poblacionales. A continuación se presentan los resultados de los pronósticos a uno, dos, tres, seis y doce pasos adelante por parte de los modelos, así como los resultados del test de Diebold y Mariano a un horizonte de pronóstico. Finalmente, se desarrollan las conclusiones y futuras extensiones en la quinta sección.

2. METODOLOGÍA

2.1. Modelos de Series de tiempo

2.1.1. Modelos Autoregresivos integrados de media móvil (ARIMA)

La técnica de Box Jenkins, propuesta en 1970 [Box, 2012], ayuda a detectar relaciones dentro de las series haciendo uso de sus propios rezagos y medias móviles. La forma general del modelo ARIMA es:

$$y_t = \frac{\Theta_s(L^s)\theta(L)}{\Phi_s(L^s)\phi(L)\Delta_s^D\Delta^d}\varepsilon_t \quad (1)$$

³Calculos OEE, Ministerio de Comercio Industria y Turismo.

Donde $\Theta_s(L^s) = (1 - \Theta_s L^s - \Theta_{2s} L^{2s} - \Theta_{3s} L^{3s} - \dots - \Theta_{Qs} L^{Qs})$ es el polinomio de media móvil estacional, $\Phi_s(L^s) = 1 - \Phi_s L^s - \Phi_{2s} L^{2s} - \dots - \Phi_{3s} L^{3s}$ es el polinomio autoregresivo estacional, $\theta(L) = (1 - \theta_1 L^1 - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q)$ es el polinomio de media móvil, $\phi(L) = (1 - \phi_1 L^1 - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p)$ es el polinomio autoregresivo, Δ_s^D es el operador de diferencias estacional, Δ^d es el operador de diferencias, s es la periodicidad de la serie ($s = 12$ para series mensuales) y ε_t es el error que se asume con media cero.

2.1.2. Modelos de Suavizamiento exponencial

Los modelos de suavizamiento exponencial (ETS) surgieron a mediados del siglo XX, recientemente han vuelto a cobrar relevancia gracias a los trabajos de Hyndman [Hyndman and Khandakar, 2008] debido a la forma en la que se aproxima estos desde un enfoque de modelos estado espacio, permitiendo intervalos de predicción y estimación de máxima verosimilitud. Existen quince métodos de suavizamiento exponencial que consisten entre las relaciones aditivas y/o multiplicativas, entre la existencia o no de tendencia y estacionalidad en la serie.

De la misma forma para cada método exponencial, Hyndman [Hyndman and Khandakar, 2008] describe dos formas de innovación estado espacio: errores aditivos o multiplicativos, diferenciándolos fundamentalmente en los intervalos de predicción más no en sus pronósticos. Las siglas ETS, se refieren a la naturaleza de los tres componentes: error, tendencia y estacionalidad, eg: ETS(A,A,N) tiene errores y tendencia aditiva y no posee estacionalidad. Hyndman (2008) muestra el siguiente ejemplo: Modelos de errores aditivos: ETS(A, A_d, N)

Sea $\mu_t = \hat{y}_t = l_{t-1} + b - t - 1$ los pronósticos un paso hacia adelante de y_t , asumiendo que se conocen los valores de todos los parámetros. Sea $\varepsilon_t = y_t - \mu_t$ el error de pronóstico en el tiempo t .

$$y_t = l_{t-1} + \phi b_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$l_t = l_{t-1} + \phi b_{t-1} + \alpha \varepsilon_t \quad (3)$$

$$b_t = \phi b_{t-1} + \beta^*(l_t - l_{t-1} - \phi b_{t-1}) = \phi b_{t-1} + \alpha \beta^* \varepsilon_t \quad (4)$$

Simplificando la última expresión como $\beta = \alpha \beta^*$. Podemos construir el modelo de estado espacio, definamos el vector de estado como $x_t = (l_t, b_t)'$

$$y_t = [1 \quad \phi] x_{t-1} + \varepsilon \quad (5)$$

$$x_t = \begin{bmatrix} 1 & \phi \\ 0 & \phi \end{bmatrix} x_{t-1} + \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} \varepsilon_t$$

Usualmente se asume que el error, ε_t , se distribuye normal, independiente e idénticamente distribuido, $\varepsilon_t \sim NID(0, \sigma^2)$

2.2. Modelos de Red neuronal

Recientemente ha habido un gran interés por incorporar modelos de redes neuronales para pronosticar variables no lineales en economía [Stock and Watson, 1998] debido a su flexibilidad para aproximar cualquier función. Estas son una clase sistema de cómputo en paralelo en el cual unidades, llamadas neuronas, ajustan sus parámetros mediante un proceso de aprendizaje con el fin de aproximar funciones no lineales entre las variables predictivas y la predicha [Jain et al., 1996]. Por lo cual no es necesario supuestos a priori sobre el proceso generador de datos de la serie.

El modelo de red neuronal autoregresiva asume que la observación actual puede ser explicada tanto por sus rezagos como por el error, el cual se asume como independiente con media cero. Con el propósito de obtener la mejor aproximación de g , la red debe cumplir con tres criterios, evitar el sobre aprendizaje⁴, los errores predichos no deben estar autocorrelacionados a través del tiempo y tampoco debe haber correlación cruzada entre la serie y los errores [Demuth et al., 2014].

$$Y_t = g(Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-p}) + e_t \quad (6)$$

En este sentido se debe elegir una red cuya arquitectura cumpla con los criterios mencionados. La adaptación del algoritmo requiere entonces decidir el número de rezagos auto regresivos y estacionales, número de capas escondidas, neuronas por capa y en la capa de salida⁵. Respecto a los rezagos, el paquete Forecast de R [Hyndman, 2017], permite elegirlos usando criterios de información. La literatura aconseja usar solo una capa escondida para pronóstico. Para elegir el número de neuronas en la capa escondida prueban diferentes combinaciones, finalmente se toma una neurona en la capa de salida debido a que se ajustan los parámetros para pronósticos un paso hacia adelante, los pronósticos a mayores horizontes se obtienen de forma recursiva.

$$Y_{t+1} = \mathbf{f}^2(\mathbf{W}^2 \mathbf{f}^1(\mathbf{W}^1[Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_{t-P}] + \mathbf{b}^1) + \mathbf{b}^2) \quad (7)$$

⁴El llamado Overfitting ocurre cuando la red neuronal se ajusta demasiado bien a los datos de entrenamiento pero no predice bien los datos de prueba.

⁵para más detalles [Zhang et al., 1998] y [Demuth et al., 2014]

$$y_{t+1} = \sum_{j=1}^{10} w_j^2 f_j^1 \left(\sum_{i=0}^p w_{i+p}^1 Y_{t+i-p} + \sum_{k=0}^P w_{i+P}^1 Y_{t+i-P} + b^1 \right) + b^2 \quad (8)$$

$$f^1 = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Donde $i = 1, \dots, p$, p = número de rezagos seleccionados, $k = 1, \dots, P$, P = número de rezagos estacionales, en caso de serie estacional, w_{i+p}^1 son los pesos de la primera capa, $w_j^2, j = 1, \dots, p$ son los pesos de la capa de salida, b^1 es el sesgo de la primera capa y b^2 es el sesgo de la capa de salida, f^1 es la función *sigmoid* usada en la capa escondida. Para cada serie es calculado un total de veinte redes de las cuales sus pesos son promediados con el fin de evitar el sobre ajuste.

3. DATOS

Los datos mensuales de turismo fueron recopilados por migración Colombia y comprenden el periodo desde enero de 2010 hasta julio de 2017. Estos registros son recolectados en 38 puestos de control migratorio. Como se puede observar en la Figura 1 (a,c,e,g,i,k), las series en niveles muestran una marcada estacionalidad y tendencia. Por otra parte, las gráficas b, d, f, h, j, l, muestran las series pre-procesadas, en logaritmo y primera diferencia estacional, las cuales no muestran estacionalidad ni tendencia.

El análisis descriptivo de las series se muestra en el Cuadro 1. En promedio, Estados Unidos registra el mayor número de llegadas de turismo a Colombia, seguido por la Unión Europea. Sin embargo, la serie que mayor dispersión presenta es la de Venezuela, esto último es en efecto un cambio de media que sufre la serie después de junio de 2016, fenómeno que también se observa en la serie pre-procesada. Respecto a las series en logaritmos y primeras diferencias, el mayor promedio se presenta en Mercosur y México.

De igual forma, el Cuadro 2 presenta las pruebas de raíz unitaria más comunes: Test de Dickey Fuller Aumentada (ADF), Test de Phillips Perron (PP), y el Test de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). La hipótesis nula de los test de ADF y PP es raíz unitaria en la serie a diferencia de KPSS, cuya hipótesis nula es estacionariedad. Para la serie en niveles, no se puede rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria en ADF, como es corroborado en la prueba KPSS. No obstante, para PP ninguna de las series tiene presencia de raíz unitaria, exceptuando el caso de Venezuela.

En cuanto a las series con primera diferencia, los resultados de la prueba ADF indican que las series de México y Mercosur no tienen raíz unitaria. Por su parte,

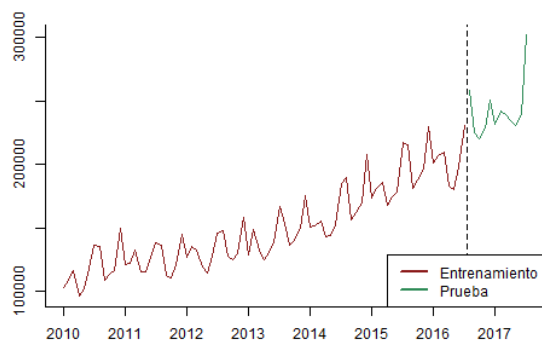
PP y KPSS coinciden en que las series en primeras diferencias no tienen raíz unitaria. Por este motivo en el modelo ARIMA se incluye la serie en primeras diferencias.

Este mismo ejercicio se realizó para las series pre-procesadas en niveles, de las cuales solamente Mercosur y México no poseen raíz unitaria. Respecto a PP, las únicas series con raíz unitaria son Estados Unidos y Venezuela. Por último, KPSS indica que la serie de llegadas totales y Estados Unidos tienen raíz unitaria. Para el caso de las series diferenciadas, las tres pruebas coinciden en que ninguna de las series tiene raíz unitaria. Por estos argumentos, las series de llegadas totales, Estados Unidos y Venezuela, son diferenciadas una vez.

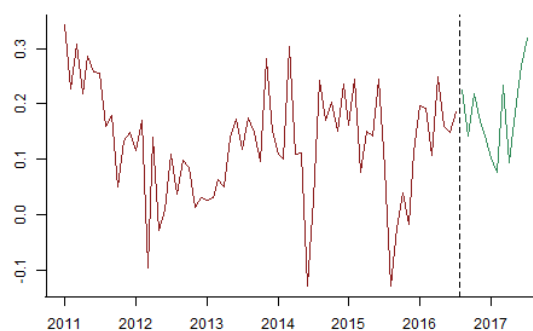
4. RESULTADOS

En esta sección se evalúa la precisión de pronóstico de los modelos ARIMA, ETS, red neuronal y la combinación de los tres con respecto a diferentes orígenes de turismo hacia Colombia. Se toman los datos tanto de forma bruta o en niveles como pre-procesados, aplicándoles logaritmo y una diferencia estacional. Las series en niveles van desde enero de 2010 hasta julio de 2017, mientras que las series pre-procesadas comienzan desde enero del 2011. Todos los modelos fueron especificados y estimados con los datos hasta julio del 2016 y puestos a prueba computando los pronósticos uno, dos, tres, seis y doce meses hacia adelante. Los parámetros no fueron re estimados a medida que se le entregaban a los modelos los datos de testeo debido al sobre ajuste que podría ocurrir para la red neuronal. De esta forma, usando los datos de prueba (2016/08 - 2017/07) se pueden obtener los errores de pronóstico de forma recursiva (i.e. para los pronósticos a un mes, se obtiene 12 errores de pronóstico).

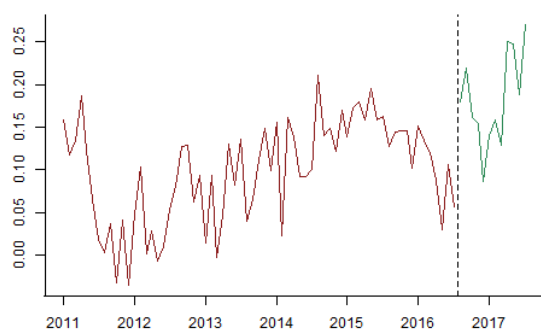
Los modelos elegidos, fueron escogidos a partir de una competición previa propia de cada modelo sobre los datos de prueba, con el fin de enfrentar el mejor modelo posible ARIMA, ETS y red neuronal. Es de anotar que para la red neuronal se pusieron a prueba diferentes redes variando el número de neuronas y rezagos, como resultado se encontró que series como las llegadas totales, México o Estados Unidos necesitaban un mayor número de neuronas para capturar el mejor proceso generador de datos, (ver cuadro 3 y 4).



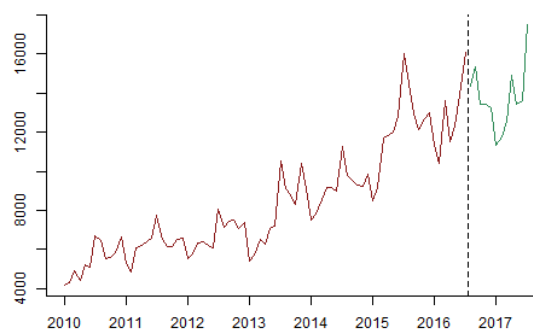
(a) Llegadas totales



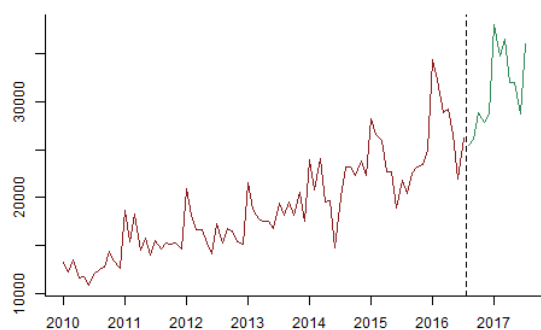
(d) Mercosur - preprocesada



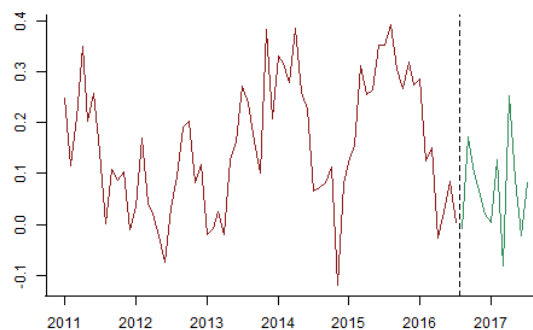
(b) Llegadas totales - preprocesada



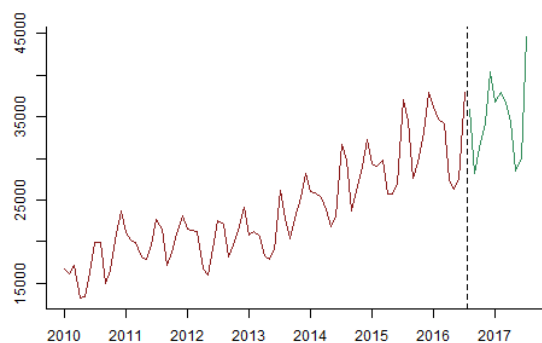
(e) Llegadas provenientes de México



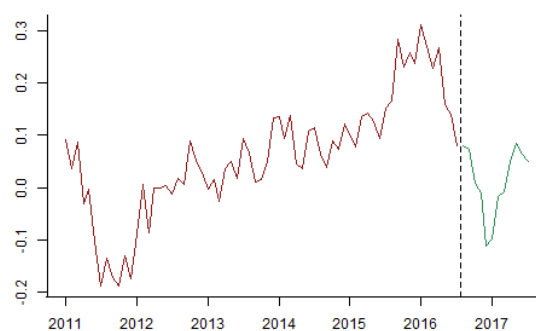
(c) Llegadas provenientes de los países pertenecientes a Mercosur



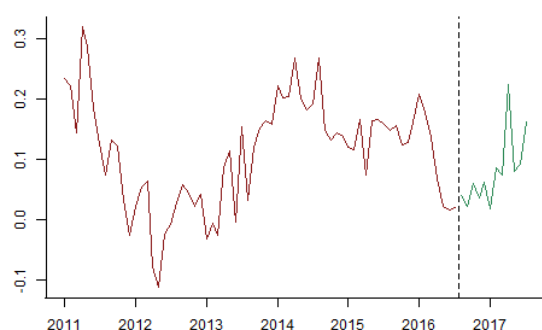
(f) México - preprocesada



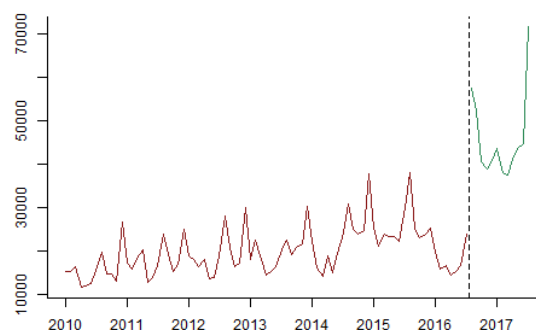
(g) Llegadas totales Unión Europea



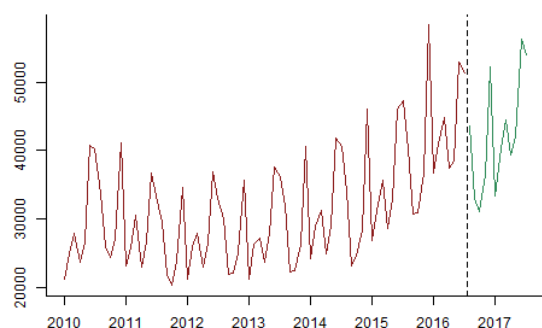
(j) Estados Unidos - preprocesada



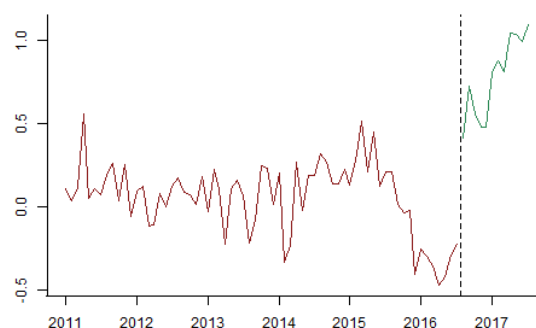
(h) Unión Europea - preprocesada



(k) Llegadas totales Venezuela



(i) Llegadas totales Estados unidos



(l) Venezuela - preprocesada

FIGURA 1: Llegadas totales y por destino de turistas a territorio colombiano desde 2010/01 a 2017/07. Fuente: OEE, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia

CUADRO 1: Análisis descriptivo de la series de llegadas de turistas en niveles y pre-procesada

	Total	EEUU	Mercosur	México	UE	Venezuela
<i>Niveles</i>						
Media	162491.96	32851.47	20586.30	9081.98	25098.26	23332.81
Des.	44341.21	9081.33	6469.28	3301.81	6942.55	10824.26
Asim.	0.76	0.79	0.76	0.54	0.58	1.91
Kurt.	2.82	2.99	2.89	2.20	2.59	7.24
<i>Pre procesada</i>						
Media	0.11	0.05	0.14	0.14	0.11	0.16
Des.	0.07	0.11	0.1	0.13	0.09	0.34
Asim.	-0.14	-0.03	-0.4	0.18	-0.02	0.82
Kurt.	2.71	3.21	3.23	2.12	2.68	3.82

¹ Nota: Des. - desviación estandar, Asim. - asimetría, Kurt. - kurtosis.

CUADRO 2: Pruebas de Raíz unitaria y estacionariedad

	Total	EEUU	Mercosur	México	UE	Venezuela
<i>Niveles I(0)</i>						
ADF	0.31	-2.17	0.22	-2.69	-2.46	-2.85
PP	-5.45	-6.87	-5.24	-4.29	-5.35	-3.26
KPSS	0.46	0.28	0.19	0.19	0.21	0.21
<i>Niveles I(1)</i>						
ADF	-0.59	-2.45	-3.82	-6.82	-1.71	0.17
PP	-16.31	-27.8	-30.08	-16.81	-12.33	-11.05
KPSS	0.18	0.04	0.07	0.08	0.08	0.22
<i>Pre procesada I(0)</i>						
ADF	-2.3	-1.98	-3.58	-2.26	-2.11	-1.01
PP	-4.74	-2.39	-5.81	-4.5	-3.83	-2.48
KPSS	1.1	0.81	0.16	0.15	0.18	0.4
<i>Pre procesada I(1)</i>						
ADF	-6.83	-5.73	-6.64	-7.05	-7.27	-6.83
PP	-17.65	-11.03	-18.43	-15.3	-12.97	-12.03
KPSS	0.13	0.08	0.16	0.04	0.12	0.17

¹ Nota: Periodo de estimación para la serie en Niveles 2010/01-2017/07. Test de raíz unitaria: ADF - Test de Dickey Fuller [Dickey and Fuller, 1979], valor crítico al 5 % es -3.45 %; PP - Test de Phillips-Perron [Phillips and Perron, 1988], valor crítico al 5 % es -3.46; KPSS - Kwiatkowski et al. [Kwiatkowski et al., 1992], valor crítico al 5 % es 0.15

² Nota: Periodo de estimación para la Preprocesada 2011/01-2017/07. Para La serie en Niveles I(1) y pre procesada I(0) y I(1) Test de raíz unitaria: ADF - Test de Dickey-Fuller [Dickey and Fuller, 1979], valor crítico al 5 % es -2.90 %; PP - Test de Phillips-Perron [Phillips and Perron, 1988], valor crítico al 5 % es -2.89; KPSS - Kwiatkowski et al. [Kwiatkowski et al., 1992], valor crítico al 5 % es 0.46

Como se puede observar en el Cuadro 3, en el caso de los modelos ARIMA y ETS los componentes como la tendencia y estacionalidad son modelados, ya sea diferenciando o encontrando su naturaleza. Todos los modelos ARIMA para la serie de entrenamiento en niveles aplican primeras diferencias y diferencia estacional, de manera similar el modelo de suavizamiento exponencial encuentra que las series tienen tendencia aditiva, excep-

tuando el caso de Venezuela, y estacionalidad multiplicativa. Por el lado de la red neuronal, siempre se incluye al menos un rezago y un rezago estacional en el pronóstico; sin embargo, el número de neuronas elegidas en la capa escondida es cambiante y depende de la complejidad de la serie en específico. Esto indica que la red neuronal toma los datos en niveles, a diferencia de los modelos ARIMA y de suavizamiento exponencial que si

CUADRO 3: Modelos seleccionados para las series en niveles

Niveles	ARIMA	ETS	Red Neur.
Total	(0,1,1)(0,1,1)	(M,A,M)	(1,1,10)
Estados Unidos	(1,1,0)(0,1,0)	(M, Ad,M)	(1,1,5)
Mercosur	(0,1,1)(0,1,1)	(M,A,M)	(2,1,7)
México	(0,1,1)(0,1,1)	(M,A,M)	(1,1,7)
Unión Europea	(0,1,1)(0,1,0)	(M,A,M)	(2,1,2)
Venezuela	(0,1,1)(0,1,1)	(M,N,M)	(3,1,7)

CUADRO 4: Modelos seleccionados para las series pre-procesadas

Pre - procesada	ARIMA	ETS	Red Neur.
Total	(0,1,1)(0,0,1)	(A,N,N)	(13,1,7)
Estados Unidos	(0,1,1)(0,0,1)	(A,N,N)	(2,1,2)
Mercosur	(2,0,0)(1,0,0)	(A,N,N)	(2,1,2)
México	(2,0,0)(1,0,0)	(A,N,N)	(14,1,8)
Unión Europea	(2,0,0)(1,0,0)	(A,N,N)	(13,1,7)
Venezuela	(0,1,1)(0,0,1)	(A,N,N)	(15,18)

aplican un tratamiento propio a la serie.

El cuadro 4 expone los modelos elegidos para los datos pre-procesados. Los modelos ARIMA por su parte no aplican diferencias estacionales. De manera similar la especificación ETS no modela la tendencia ni la estacionalidad por su ausencia en las series. Por parte de la red neuronal las series como llegadas totales, México, Unión Europea y Venezuela necesitan un gran número de rezagos para sus pronósticos al igual que neuronas en la capa escondida.

Con el fin de resumir los resultados obtenidos por la competición de pronósticos, los cuadros 5 y 6 para las series en niveles y pre procesadas respectivamente, muestran la raíz de la media de los errores de pronóstico al cuadrado (RMSFE) y se resaltan los modelos con menor RMSE. De igual manera se calcula el estadístico U de Theil. Éste, que se encuentra acotado entre cero y uno, indica la mejor precisión de pronóstico a medida que sus valores se acercan a cero. Por último, también se comparan los pronósticos respecto a los obtenidos por una caminata aleatoria con deriva.

Para las series en niveles, cuadro 5, el modelo ARIMA y la combinación simple de los tres modelos muestran los menores valores de RMSFE. De hecho, la red neuronal suele tener mayores valores de RMSFE, respecto a los modelos ARIMA y ETS. Estos últimos presentan resultados similares en la mayoría de los casos, salvo en los que el ETS posee los menores valores de RMSFE. Casos como Mercosur, México

y la Unión Europea muestran como la combinación simple de modelos disminuye de forma considerable el RMSFE. Por parte de las series pre procesadas, los resultados cambian considerablemente, al punto que no se distingue mayor diferencia entre los tres modelos, lo que indica que el pre procesamiento de los datos ayuda a la red neuronal a capturar mejor el proceso generador de datos. Es de resaltar el caso de la serie de Venezuela, en donde la caminata aleatoria obtiene menores valores de RMSFE y U de theil, esto es debido al impacto observado en el aumento de llegadas de dicho país a partir de agosto del 2016 (Ver Figura 1 -k).

Con el objetivo de probar cual modelo muestra errores de pronóstico significativamente bajos, se calculó la precisión de predictibilidad entre los modelos y la combinación simple para un horizonte de pronóstico (1 mes) propuesto por Diebold y Mariano [Diebold and Mariano, 2002]. En el cuadro 7 mostramos los resultados de la prueba para los pronósticos de la serie en niveles y en el cuadro 8 indicamos cuál modelo mostró errores significativamente menores. De forma similar, las tablas 9 y 10 muestran los resultados para los pronósticos de la serie pre-procesada.

Para las serie en niveles el modelo ARIMA y la combinación simple en cuatro de los diez y ocho casos comparados tienen errores significativamente menores al 5 % y 10 %. El modelo de suavizamiento exponencial en dos casos y la red neuronal en ninguno. Para la series pre-procesadas el modelo ARIMA tiene errores significativamente menores en seis de los diez y ocho casos, seguido por la combinación simple con cinco casos y el ETS en dos casos.

La competición fuera de muestra de los modelos permite concluir que el modelo ARIMA y la combinación simple muestran errores significativamente menores en comparación a los modelos de suavizamiento exponencial y red neuronal en la mayoría de los casos, mostrando la mayor capacidad de pronóstico. Sin embargo no es claro cuando la combinación simple es beneficiada o afectada por el bajo desempeño de la red neuronal. Es de resaltar que para la serien en niveles la combinación simple superó al modelo ARIMA dos de los seis casos, por el contrario el ARIMA en uno. Para la serie pre-procesada solamente el modelo ARIMA superó a la combinación para la serie de la Unión europea.

CUADRO 5: Raíz de la suma de los errores de pronóstico al cuadrado (2016/08-2017/07)

Llegada de turistas en niveles		1 mes		2 mes		3 mes		6 mes		12 meses	
		RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil
<i>Total</i>											
ARIMA		14181.33	0.5	13990.47	0.53	13776.76	0.56	18002.39	0.69	53306.71	0.69
ETS		15075.49	0.58	14959.59	0.55	13076.02	0.5	13690.3	0.42	52149.2	0.42
Red Neuronal		22415.49	0.96	24107.01	1.1	25176.62	1.12	29369.33	1.2	66477.71	1.2
Caminata Alt.		23718.53	0.99	26366.03	1.24	25436.04	1.13	27146.18	1.11	51960.77	1.11
Combinación		15183.11	0.59	15365.57	0.63	15274.1	0.64	18959.44	0.75	57311.21	0.75
<i>Estados Unidos</i>											
ARIMA		2439.98	0.29	3577.46	0.42	4708.38	0.49	5605.03	0.66	1979.13	0.66
ETS		1971.95	0.21	2772.23	0.3	3154.66	0.31	2851.64	0.41	911.45	0.41
Red Neuronal		5873.66	0.55	6908.21	0.7	7384.95	0.75	8505.37	0.97	3934.98	0.97
Caminata Alt.		9759.89	1	12396.81	1.3	11488.22	1	12116.49	1.16	1984.08	1.16
Combinación		2473.53	0.26	3011.14	0.32	3457.62	0.35	4056.52	0.43	955.77	0.43
<i>Mercosur</i>											
ARIMA		1829.62	0.46	1942.24	0.46	2274.08	0.5	3481.65	0.86	6955.45	0.86
ETS		1571.61	0.39	1959.92	0.46	2385.29	0.53	3716.12	0.9	6551.53	0.9
Red Neuronal		2147.31	0.54	2404.73	0.57	2570.19	0.55	4175.68	0.96	77.28	0.96
Caminata Alt.		4017.47	0.99	4342.34	1.01	5711.71	1.21	6624.65	1.24	7836.92	1.24
Combinación		1455.86	0.37	1698.36	0.39	1679.45	0.36	2706.83	0.73	4476.57	0.73
<i>México</i>											
ARIMA		1218.24	0.78	1150.96	0.66	1094.6	0.7	1361.14	0.78	220.59	0.78
ETS		1098.19	0.7	1129.72	0.66	1145.45	0.71	1017	0.62	1048.85	0.62
Red Neuronal		1298.33	0.83	1205.1	0.65	1056.4	0.68	1334.97	0.65	1451.2	0.65
Caminata Alt.		1701.87	0.99	1968.62	1.21	2167.75	1.22	3568.55	1.66	458.23	1.66
Combinación		1062.6	0.69	992.47	0.54	936.34	0.6	1098.34	0.61	60.59	0.61
<i>Unión Europea</i>											
ARIMA		2124.41	0.35	2017.72	0.36	2072.52	0.32	3121.39	0.48	5935.3	0.48
ETS		2233.08	0.38	2447.66	0.45	2691.73	0.44	3364.95	0.45	7911.62	0.45
Red Neuronal		2512.18	0.42	2566.58	0.42	2338.13	0.41	2490.12	0.39	5613.23	0.39
Caminata Alt.		5685.57	1	7500.14	1.26	7144.57	1.15	6609.95	1.07	3422.46	1.07
Combinación		2002.08	0.35	1859.73	0.33	1746.17	0.28	2618.69	0.4	6486.71	0.4
<i>Venezuela</i>											
ARIMA		12027.79	0.98	12761.84	1	11861.29	1.15	15259.33	1.18	48536.44	1.18
ETS		14226.05	1.27	14425.93	1.25	13799.18	1.42	17822.18	1.49	50121.91	1.49
Red Neuronal		19042.27	2.05	21284.28	2.33	22269.81	2.54	26580.62	2.4	33817.02	2.4
Caminata Alt.		13152.68	1	14170.4	1.25	13518.65	1.47	16371.75	1.45	46405	1.45
Combinación		13990.33	1.29	14824.36	1.38	14974.61	1.58	19545.76	1.65	44158.46	1.65

CUADRO 6: Raíz de la suma de los errores de pronóstico al cuadrado (2016/08-2017/07)

Llegada de turistas serie pre procesada		1 mes		2 mes		3 mes		6 mes		12 meses	
		RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil	RMSE	U de Theil
<i>Total</i>											
ARIMA		0.06	0.86	0.07	0.85	0.07	0.97	0.09	1.11	0.21	
ETS		0.06	0.91	0.07	0.86	0.07	0.95	0.08	1.06	0.19	
Red Neuronal		0.07	0.98	0.07	0.84	0.06	0.94	0.06	0.89	0.08	
Caminata Alt.		0.07	1.01	0.08	0.92	0.08	1.03	0.1	1.2	0.23	
Combinación		0.06	0.91	0.07	0.84	0.07	0.94	0.07	1	0.16	
<i>Estados Unidos</i>											
ARIMA		0.06	1.37	0.1	2.05	0.13	2.64	0.16	1.33	0.07	
ETS		0.05	1.16	0.08	1.7	0.11	2.3	0.12	0.98	0.05	
Red Neuronal		0.07	1.31	0.1	1.84	0.12	2.37	0.16	3.76	0.1	
Caminata Alt.		0.05	1	0.08	1.51	0.11	2.37	0.13	1.23	0.03	
Combinación		0.06	1.2	0.08	1.7	0.11	2.18	0.11	1.35	0	
<i>Mercosur</i>											
ARIMA		0.09	0.98	0.1	0.94	0.11	0.97	0.12	0.83	0.17	
ETS		0.07	0.8	0.08	0.76	0.09	0.78	0.1	0.69	0.15	
Red Neuronal		0.09	1.14	0.09	1.03	0.08	0.83	0.14	0.78	0.16	
Caminata Alt.		0.08	1.02	0.09	0.94	0.1	0.96	0.13	0.98	0.16	
Combinación		0.08	0.91	0.09	0.89	0.09	0.85	0.12	0.76	0.16	
<i>México</i>											
ARIMA		0.13	0.98	0.12	0.79	0.11	0.65	0.12	1.24	0.1	
ETS		0.12	0.93	0.11	0.74	0.1	0.51	0.11	0.99	0.06	
Red Neuronal		0.1	0.28	0.12	0.47	0.15	0.61	0.22	1.85	0.24	
Caminata Alt.		0.15	1.02	0.14	0.92	0.13	0.73	0.13	1.26	0.12	
Combinación		0.11	0.72	0.11	0.65	0.1	0.42	0.12	0.18	0.03	
<i>Unión Europea</i>											
ARIMA		0.06	0.86	0.06	0.65	0.07	0.88	0.1	1.03	0.17	
ETS		0.06	0.85	0.06	0.67	0.07	0.84	0.09	0.92	0.14	
Red Neuronal		0.09	1.72	0.11	2.33	0.12	2.08	0.11	1.84	0.11	
Caminata Alt.		0.07	1.04	0.07	0.7	0.08	1.03	0.1	1.07	0.18	
Combinación		0.06	1.08	0.06	1.09	0.07	1.21	0.09	1.23	0.14	
<i>Venezuela</i>											
ARIMA		0.38	2.05	0.47	2.18	0.5	2.63	0.83	6.26	1.47	
ETS		0.36	1.9	0.43	1.83	0.45	2.19	0.73	5.38	1.39	
Red Neuronal		0.4	1.86	0.48	2.15	0.46	2.06	0.54	4.35	0.56	
Caminata Alt.		0.24	0.99	0.35	1.27	0.33	1.32	0.55	3.22	1.38	
Combinación		0.36	1.89	0.45	1.98	0.45	2.21	0.68	5.25	1.14	

CUADRO 7: Test de Diebold-Mariano para precisión de pronósticos (1 mes)

	En Niveles					
	ARIMA vs. ETS	ARIMA vs. NN	ETS v. NN	ARIMA vs. Comb.	ETS vs. Comb.	NN vs. Comb.
Total	-0.3	-1.22	-0.92	-0.92	-0.1	1.25
Estados Unidos	0.76	-2.1	-2.2	-0.1	-0.79	2.26
Mercosur	1	-0.58	-0.92	2.4	0.66	1.06
México	1.6	-0.31	-0.76	1.73	0.36	1.2
Unión Europea	-0.32	-0.79	-0.49	0.62	0.75	1.39
Venezuela	-1.78	-1.64	-1.05	-1.67	0.12	1.59

¹ Nota: hipótesis nula: no hay diferencia significativa entre los errores de ambos modelos. Un signo negativo del estadístico implica que el segundo modelo tiene mayores errores de pronóstico.

² Los estadísticos significativos al 5 % y 10 % son resaltados.

CUADRO 8: Modelos con errores de pronóstico significativamente menores entre los dos modelos comparados (1 mes)

	En Niveles					
	ARIMA vs. ETS	ARIMA vs. NN	ETS v. NN	ARIMA vs. Comb.	ETS vs. Comb.	NN vs. Comb.
Total						
Estados Unidos		ARIMA	ETS			Combinación
Mercosur				Combinación		
México	ETS*			Combinación *		
Unión Europea						
Venezuela	ARIMA*	ARIMA*		ARIMA*		Combinación *

¹ Nota: Los espacios vacíos implican que no hay diferencia entre los errores de pronóstico de ambos modelos al 5 % y 10 %. Los modelos significativos al 10 % son resaltados con un asterisco (*).

CUADRO 9: Test de Diebold-Mariano para precisión de pronósticos (1 mes)

	Pre-procesada					
	ARIMA vs. ETS	ARIMA vs. NN	ETS v. NN	ARIMA vs. Comb.	ETS vs. Comb.	NN vs. Comb.
Total	-0.06	-0.27	-0.33	0.2	0.49	0.68
Estados Unidos	-0.94	-1.52	-1.22	-0.54	0.29	1.89
Mercosur	-0.77	1.6	-1.36	-0.58	0.27	1.97
México	-1.2	-0.42	0.64	-0.49	1.28	0.26
Unión Europea	-0.27	-2.36	-1.68	-1.46	-0.34	2.29
Venezuela	-1.58	-1.52	-0.73	-1.23	0.72	1.49

CUADRO 10: Modelos con errores de pronóstico significativamente menores entre los dos modelos comparados (1 mes)

	En Niveles					
	ARIMA vs. ETS	ARIMA vs. NN	ETS v. NN	ARIMA vs. Comb.	ETS vs. Comb.	NN vs. Comb.
Total						
Estados Unidos		ARIMA*				Combinación
Mercosur		ARIMA*	ETS*			Combinación
México						
Unión Europea		ARIMA	ETS*	ARIMA*		Combinación
Venezuela	ARIMA*	ARIMA*				Combinación *

Los resultados son similares a las conclusiones de los trabajos de [Claveria and Torra, 2014] y [Lin et al., 2011], pero contrarios a los resultados obtenidos por [Cho, 2003] y [Law, 2000] que encuentran evidencia a favor de la red neuronal. Una posible explicación al bajo desempeño de la red neuronal es el método de regularización usado, ya que no se penalizó por el crecimiento de los parámetros si no que se limitó el número de ellos al fijar el número de neuronas en la capa escondida. Sin embargo Claveria y Torra [Claveria and Torra, 2014] utilizan validación cruzada como método de regularización y los resultados no cambian. Es posible explorar con otros métodos como la regularización bayesiana que ha mostrado superar al modelo ARIMA y es capaz de manejar no linealidades en las series [Zarate-Solano et al., 2017]).

Otra razón que explica la diferencia de resultados es la arquitectura elegida en cada red, en este trabajo se eligieron los rezagos no estacionales tomando el número óptimo usando el criterio de información Akaike, AIC, de forma similar los rezagos estacionales se fijan usando AIC a la serie ajustada estacionalmente. Respecto al pre-procesamiento de los datos la comparación entre los cuadros 5 y 6 muestran evidencia a favor de su uso al momento de aplicarlos para una red neuronal. Esta conclusión es similar a la de [Palmer et al., 2006] y contraria a la de [Claveria and Torra, 2014].

5. CONCLUSIONES

El creciente sector del turismo a Colombia junto con el interés de metodologías más avanzadas de pronóstico como la inteligencia artificial, han motivado la evaluación de la precisión de pronóstico de las redes neuronales respecto a metodologías tradicionales de series de tiempo usando diferentes series de llegadas de turismo a Colombia. El objetivo principal del documento fue analizar cual metodología era más apropiada para el pronóstico de demanda de turismo a Colombia. Se evaluó la capacidad de pronóstico de los modelos ARIMA, suavizamiento exponencial, red neuronal y la combinación simple de los tres modelos en diferentes horizontes de pronóstico y tratamientos de la serie; en niveles y pre-procesada.

Los resultados mostraron que el modelo ARIMA, junto con la combinación simple, superaban a los modelos de suavizamiento exponencial y red neuronal, sobretodo en horizontes cortos de pronóstico. También, se mostró cómo el pre-procesamiento de las series ayuda a la red neuronal a mejorar sus pronósticos, extendiendo los resultados de la literatura de pronósticos al usar estos modelos.

Por último, debe anotarse que los modelos de red neu-

ronal pueden mejorarse implementando métodos de regularización más complejos como la regularización Bayesiana o implementando redes neuronales optimizadas o dinámicas que pueden mejorar los pronósticos de demanda de turismo.

REFERENCES

- [Box, 2012] Box, G. (2012). Box and jenkins: Time series analysis forecasting and control. *A Very British Affair: Six Britons and the Development of Time Series Analysis during the 20th Century*, page 161.
- [Cho, 2003] Cho, V. (2003). A comparison of three different approaches to tourist arrival forecasting. *Tourism management*, 24(3):323–330.
- [Claveria and Torra, 2014] Claveria, O. and Torra, S. (2014). Forecasting tourism demand to catalonia: Neural networks vs. time series models. *Economic Modelling*, 36:220–228.
- [Demuth et al., 2014] Demuth, H. B., Beale, M. H., De Jess, O., and Hagan, M. T. (2014). *Neural network design*. Martin Hagan.
- [Dickey and Fuller, 1979] Dickey, D. A. and Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a):427–431.
- [Diebold and Mariano, 2002] Diebold, F. X. and Mariano, R. S. (2002). Comparing predictive accuracy. *Journal of Business & economic statistics*, 20(1):134–144.
- [Hyndman, 2017] Hyndman, R. J. (2017). *forecast: Forecasting functions for time series and linear models*. R package version 8.1.
- [Hyndman and Khandakar, 2008] Hyndman, R. J. and Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 26(3):1–22.
- [Jain et al., 1996] Jain, A. K., Mao, J., and Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial neural networks: A tutorial. *Computer*, 29(3):31–44.
- [Kwiatkowski et al., 1992] Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., and Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of econometrics*, 54(1-3):159–178.
- [Law, 2000] Law, R. (2000). Back-propagation learning in improving the accuracy of neural network-based tourism demand forecasting. *Tourism Management*, 21(4):331–340.
- [Lin et al., 2011] Lin, C. J., Chen, H. F., and Lee, T. S. (2011). Forecasting tourism demand using time series, artificial neural networks and multivariate adaptive regression splines: Evidence from taiwan. *International Journal of Business Administration*, 2(2):14.
- [MacKinnon et al., 1990] MacKinnon, J. G. et al. (1990). *Critical values for cointegration tests*. Department of Economics, University of California San Diego.

- [Ministerio De Comercio, 2014] Ministerio De Comercio, Industria Y Turismo, D. N. d. P. (2014). Plan sectorial de turismo 2014 - 2018, "turismo para la construcción de paz". *DOCUMENTO DE POLITICA SECTORIAL*.
- [Palmer et al., 2006] Palmer, A., Montano, J. J., and Sesé, A. (2006). Designing an artificial neural network for forecasting tourism time series. *Tourism Management*, 27(5):781–790.
- [Phillips and Perron, 1988] Phillips, P. C. and Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2):335–346.
- [Sheldon and Var, 1985] Sheldon, P. J. and Var, T. (1985). Tourism forecasting: a review of empirical research. *Journal of Forecasting*, 4(2):183–195.
- [Song and Li, 2008] Song, H. and Li, G. (2008). Tourism demand modelling and forecasting-a review of recent research. *Tourism management*, 29(2):203–220.
- [Stock and Watson, 1998] Stock, J. H. and Watson, M. W. (1998). A comparison of linear and nonlinear univariate models for forecasting macroeconomic time series. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- [Zarate-Solano et al., 2017] Zarate-Solano, H. M., Zapata-Sanabria, D. R., et al. (2017). Clustering and forecasting inflation expectations using the world economic survey: the case of the 2014 oil price shock on inflation targeting countries. Technical report, Banco de la Republica de Colombia.
- [Zhang et al., 1998] Zhang, G., Patuwo, B. E., and Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks:: The state of the art. *International journal of forecasting*, 14(1):35–62.

Definición de Origen normal o inferior: Caso Colombia

DAVID IBÁÑEZ, OSCAR PACHÓN
WALTER SANCHEZ

Oficina de estudios económicos

Email: dibanez@mincit.gov.co; opachon@mincit.gov.co; wsanchez@mincit.gov.co

Al igual que existen bienes y servicios en el mercado que pueden llegar a ser considerados normales o inferiores para cualquier individuo, dado un cambio en el ingreso y sus preferencias, los países pueden preferir comprar a un origen u otro, dependiendo las variaciones en su Producto Interno Bruto y sus preferencias. Este documento examina, para los 16 principales socios comerciales de Colombia, cómo evolucionan las exportaciones del país a medida que cambia el ingreso de sus socios comerciales y analiza si existe una consideración de Colombia como un destino inferior o normal por parte de los socios comerciales. La evidencia para cada país de comparación es heterogénea.

Palabrasclave: Origen normal; Origen inferior; Bien normal; Bien inferior; Cambio estructural; Betas móviles

1. CONSIDERACIONES INICIALES

En los modelos macroeconómicos clásicos, en donde se analizan economías pequeñas abiertas se supone que las exportaciones están en función del ingreso extranjero, el tipo de cambio nominal y de los precios nacionales. Lo importante de estos supuestos es que se establece que la renta extranjera se relaciona de manera directa y positiva con las exportaciones de un país, lo que implica que entre mayor sea el crecimiento de la renta extranjera, mayor van a ser las exportaciones del país nacional.

Lo anterior no necesariamente se cumple en los mercados internacionales y éste aspecto es lo que el presente documento quiere explicar, basandose en el concepto de *bien normal* y *bien inferior*.

En microeconomía se define un bien como *normal* o *inferior* dependiendo de cómo cambia el patrón de consumo de un consumidor cuando su ingreso aumenta, y todo lo demás permanece constante. Si el incremento del ingreso conlleva a un mayor consumo, este tipo de bien es para el consumidor un *bien normal*, pero si la relación es inversamente proporcional, donde un incremento de la renta provoca que el consumidor reduzca su consumo, el consumidor es un *bien inferior*.

Llevando esta relación a las decisiones de consumo

de los países en el mercado internacional, podríamos encontrar si frente a un cambio en el ingreso de una economía, medido por las fluctuaciones de su Producto Interno Bruto, los cambios de sus importaciones pueden ser interpretados a través de la definición de bien normal o inferior. Así nacen los conceptos de **origen normal** u **origen inferior**, los cuales especifican que dados aumentos en la renta de una nación, si las importaciones de dicho país cambian, pueden ser explicadas por su consideración del origen como un proveedor de bienes normales o inferiores.

Usando la metodología de [Bai & Perron \(2003\)](#) para trabajar series macroeconómicas y determinar más de un cambio estructural en la series, se compara el comportamiento de dichos quiebres para el PIB a precios constantes y corrientes de los 20 principales destinos de exportación de Colombia y se contrasta la dirección de ese cambio con los quiebres de la serie de exportaciones no minero - energéticas de Colombia hacia el destino de referencia, para observar si puede existir relación en los cambios en el comportamiento de las series.

Complementando el estudio se realiza un análisis de la relación mencionada con la metodología de “Analysis rolling” para estimar coeficientes variantes en el tiempo que describan la relación en los años de la muestra, con

el objetivo de reafirmar lo que el movimiento de los cambios estructurales sugiere.

2. METODOLOGÍA

2.1. El modelo de Bai y Perron

Bai & Perron (2003) desarrollan la estimación de diversos quiebres estructurales presentando un algoritmo que obtenga una minimización global de la suma de residuos al cuadrado, que requiere operaciones de mínimos cuadrados de orden $O(T^2)$, para cualquier número de quiebres. Este método se desarrolló tanto para quiebres estructurales que sean parciales como los que no lo son. En particular, se desarrolló un modelo en el cual es posible que los errores y los datos tengan diferentes distribuciones a través de segmentos o por el contrario imponer una estructura común.

La ecuación del modelo para m quiebres es:

$$y_t = x_t' \beta + z_t' \delta_t + u_t \quad (1)$$

Donde: $t = T_{j-1} + 1, \dots, T_j$

Ahora, j está definido como $j = 1, 2, \dots, m+1$ Además:

- x_t', z_t' son vectores de covarianzas de dimensiones $(p \times 1)$ y $(q \times 1)$, respectivamente
- β, δ son vectores de coeficientes
- u_t el término de perturbación

Es importante anotar que los puntos de quiebre, denotados como $(T_1, \dots, T_m)$, son tratados dentro de modelo como no conocidos. El objetivo es estimar una regresión con parámetros desconocidos junto con los puntos de quiebre cuando T observaciones en (Y_t, X_t, Z_t) son hábiles.

Existen condiciones para los cambios estructurales, a saber:

- Si es un quiebre estructural parcial, el parámetro β no está sujeto a cambios y es estimado usando la muestra entera.
- Cuando $p = 0$ se obtiene un modelo puro de quiebre estructural, donde todos los coeficientes están sujetos a cambio.
- La varianza de u_t no necesita ser constante.

Expresando el modelo en forma matricial nos queda:

$$Y = X\beta + \bar{Z}\delta + U \quad (2)$$

Donde:

- $Y = (y_1, \dots, y_T)$, $X = (x_1, \dots, x_T)$, $U = (u_1, \dots, u_T)$.
- $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_T)$

- $\bar{Z}$ es la matriz que particiona diagonalmente a Z en $(T_1, \dots, T_m)$

De esta forma la matriz que se desea estimar es $\bar{Z}^{01}$ que contiene los verdaderos valores de T^0 ; es decir los quiebres. Luego asumimos que el proceso generador es:

$$Y = X\beta^0 + \bar{Z}^0\delta^0 + U \quad (3)$$

Así las cosas, el objetivo general es estimar $(\beta^0, \delta_1^0, \dots, \delta_{m+1}^0, T_1^0, \dots, T_m^0)$. El método de estimación que se considera se basa en el principio de mínimos cuadrados. Para cada partición m , representada por $(T_1, \dots, T_m)$, el parámetro β y δ_i estimados por mínimos cuadrados, son obtenidos a través de la minimización de la suma de residuos al cuadrado.

Esta función objetivo (3) toma todas las particiones de la matriz Z , es decir, toma todos los $(T_1, \dots, T_m)$; tales que, $T_i - T_{i-1} \geq q$ (donde, q es el número de filas de la matriz Z). Con esta condición los estimadores de los puntos de quiebre de la serie son minimizadores globales de la función objetivo. De esa forma, los puntos de quiebre son parámetros discretos que solo pueden tomar valores finitos, y pueden ser estimados.

2.2. Análisis Rolling

Encontramos distintas herramientas y metodologías estadísticas para abordar problemas en los campos donde habitualmente se ubica la investigación. En esta ocasión, se hará uso del análisis rolling para series de tiempo con una miscelánea de funciones entre las que se encuentra la regresión rolling. Esta servirá para consolidar y dar sustento a la hipótesis de Colombia como un origen normal o inferior para sus principales socios comerciales, que se pretende testear mediante el análisis de quiebres estructurales.

El análisis rolling para series de tiempo es una metodología que da indicios de cambio estructural o de inestabilidad en los momentos o historia de las series de tiempo. El nivel de cambio o el cambio de varianzas usualmente puede ser detectado por el análisis rolling Zivot & Wang (2006). Si bien, es de uso constante en el testeo de inestabilidad en series de tiempo financieras, será de gran utilidad y un ejercicio válido, utilizar esta metodología para series económicas.

Esta metodología permite realizar un trabajo de identificación del comportamiento de relaciones e inestabilidad a través del tiempo, obtenidas mediante un modelo de regresión con mínimos cuadrados ordinarios, asumiendo exogeneidad de las variables

¹Una explicación más detallada se encuentra en Bai & Perron (2003)

independientes. Este modelo se computará para estimar los parámetros sobre una ventana de tamaño fijo, que irá corriéndose a lo largo de la muestra, llamada ventana rolling. Si los parámetros cambian en algún punto durante la muestra, entonces la estimación rolling deberá capturar la inestabilidad o un posible quiebre en la relación estimada.

En el modelo de regresión lineal, el análisis rolling estimará parámetros variantes en el tiempo (betas móviles) para analizar la estabilidad de los mismos. Tomando la metodología de Zivot & Andrews (2006), para una ventana de ancho $n < T$, el modelo de regresión lineal rolling se expresará como

$$y_t(n) = \mathbb{X}_t(n)\beta_t(n) + \varepsilon_t(n), t = n, \dots, T \quad (4)$$

donde $y_t(n)$ es un vector $(n \times 1)$ de observaciones de respuesta, $\mathbb{X}_t(n)$ es una matriz $(n \times k)$ de variables explicativas, $\beta_t(n)$ es un vector $(k \times 1)$ de parámetros de regresión y $\varepsilon_t(n)$ es un vector $(n \times 1)$ de términos de error. Las n observaciones en $y_t(n)$ y $\mathbb{X}_t(n)$ son los n valores más recientes de tiempo $t - n + 1$ para t . Se asume que $n > k$.

Los estimadores de mínimos cuadrados rolling derivados de la ecuación (4) son:

$$\hat{\beta}_t(n) = [\mathbb{X}_t(n)' \mathbb{X}_t(n)]^{-1} \mathbb{X}_t(n)' y_t(n) \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}^2(n) = \frac{1}{n - k} [y_t(n) - \mathbb{X}_t(n)\hat{\beta}_t(n)]' [y_t(n) - \mathbb{X}_t(n)\hat{\beta}_t(n)] \quad (6)$$

3. ANÁLISIS POR DESTINO

A continuación se presentará un análisis gráfico para cada uno de los principales destinos de exportación de Colombia en el período 2010 - 2015. El orden en que se presentan no tiene que ver con el monto exportado². Este análisis gráfico se debe entender como un análisis exploratorio donde lo que se quiere observar es si los años en donde existen cambios estructurales en media de las series de Producto Interno Bruto de los países que son socios comerciales de Colombia tienen alguna relación con los años en donde suceden los cambios estructurales en media de la serie de exportaciones de los bienes que Colombia le vende a estos socios.

En cada caso se verá una gráfica múltiple de quiebres de la variación del PIB (Constantes y Corrientes), frente a la variación de las exportaciones no minero - energéticas de Colombia a dicho destino. Generalmente,

²La fuente de las bases de datos con las que se construyeron las gráficas son: DANE-DIAN y OECD.

los quiebres de PIB se dan poco antes de los quiebres de exportaciones, lo cual es un indicio de una relación entre las variables mencionadas. Sin embargo, a veces esto no sucede, por eso es que con el fin de validar la relación, se muestra la gráfica de los betas móviles calculados.

Los betas móviles son elasticidades de cambio del ingreso del país socio comercial y su respuesta en la compra de bienes producidos por Colombia.

Para poder indentificar si los productos de exportación son considerados como normales o inferiores por los socios comerciales en el Mercado Internacional, lo que llevará a definir si Colombia es considerada como un origen normal o inferior, se establece la siguiente regla:

Regla Ad-Hoc Quiebres:

- **Origen Normal:** Si los quiebres en la series de PIB del socio comercial y en las exportaciones de Colombia hacia este país van en la misma dirección, se dirá que para el destino de exportación, Colombia se comporta como origen normal.
- **Origen Inferior:** Si los quiebres van en dirección contraria se dirá que el país se comporta como un Origen inferior.

Para confirmar este análisis exploratorio, también se tendrá en cuenta el signo de los betas móviles. No obstante, está elasticidad no puede ser considerada de manera invariante, y por tal motivo es que se calculó de manera móvil, porque el signo no es suficiente para entender la respuesta de los países y sus decisiones de compra de los productos exportables colombianos.

Así, al desarrollar una medida móvil lo que queremos resaltar es como la tendencia captura esta consideración de destino normal o inferior en cada caso particular. Para tal fin, se corren las estimaciones de estas elasticidades en ventanas *rolling* de tamaño 20, con el objetivo de mostrar el cambio de la elasticidad de respuesta de la demanda de productos colombianos por parte de los socios.

Aquí es importante señalar que la tendencia de la elasticidad es más importante que su signo. Esto se debe a que la pendiente de la evolución de la elasticidad muestra si la relación normal o inferior se fortalece o se modera.

Regla Ad-Hoc Rolling:

- **Origen Normal:** Si la elasticidad es positiva, Colombia es considerado como Destino Normal en ese momento específico. Si la tendencia de evolución de la elasticidad es positiva, Colombia tiende a ser Destino Normal.
- **Origen Inferior:** Si la elasticidad es negativa, Colombia es considerado como Destino Inferior

en ese momento específico. Si la tendencia de evolución de la elasticidad es negativa, Colombia tiende a ser Destino Inferior.

3.1. Alemania

Alemania posee 4 quiebres en cada serie tanto constantes como corrientes en PIB. Se observa que antes del 2003 Colombia para este destino era inferior; para 2005 Colombia se transformó en origen normal.

Analizando los betas móviles se muestra que la tendencia antes de la fecha indicada del primer quiebre tiene signo negativo, lo que indica una relación inversa. Después de esta fecha la tendencia cambia positivamente, lo que señala que el país se convierte en un origen normal, y se mantiene en terreno positivo hasta 2015. Aunque esta tendencia se ha venido deteriorando, y cada vez menos los productos de Colombia se están considerando como normales.

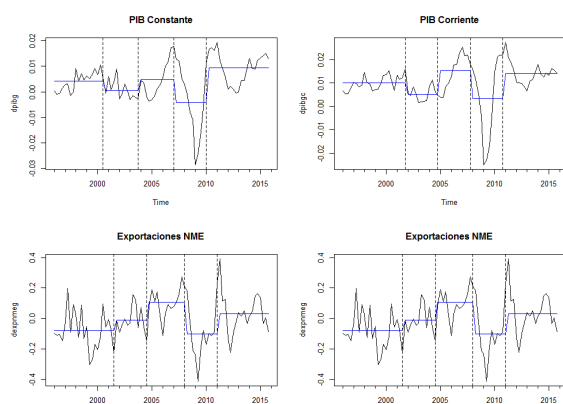


FIGURA 1. Quiebres: Alemania

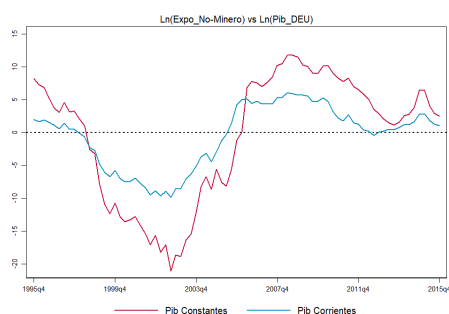


FIGURA 2. Betas Móviles Alemania

3.2. Bélgica

Bélgica posee 5 quiebres para el PIB en términos constantes y corrientes. Se observa que antes del 2005 Colombia era origen inferior; para 2005 el país se transformó en normal, tendiendo a ser de nuevo inferior en los últimos años del estudio.

Analizando los betas móviles se muestra que el signo de la elasticidad antes de 2005 es negativa, cambia en 2005 y se mantiene así hasta el final del período de estudio. Sin embargo, lo interesante es que este cambio de tendencia de inferior a normal se da desde 2003 hasta 2014, y desde 2015 la consideración de Colombia como destino normal vuelve a cambiar, y de hecho con la estabilización de su economía, Colombia es un Origen Inferior para Bélgica.

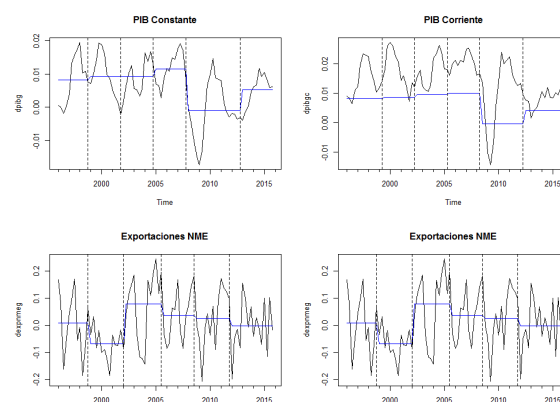


FIGURA 3. Quiebres: Bélgica

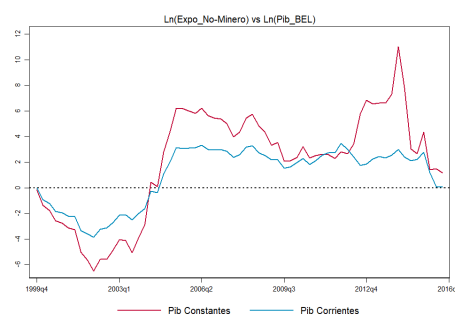


FIGURA 4. Betas Móviles Bélgica

3.3. Brasil

Brasil también posee 5 quiebres en cada serie tanto constantes como corrientes en PIB. Este destino es irregular en su comportamiento frente a Colombia, se

observa que antes del 2000 Colombia era origen inferior; para 2003 Colombia es considerado normal, vuelve a ser inferior en 2005, tendiendo a ser de nuevo normal en los últimos años del estudio.

Analizando los betas móviles el signo es negativo es únicamente entre 2003 y 2005. Esto coincide en el momento en donde Brasil ha tenido los dos incrementos más importantes de su PIB. Fijese que en el resto del período el signo de esta elasticidad es positivo, pero desde 2010 esta tendencia positiva se ha deteriorado, coincidiendo con una moderación y caída de su PIB.

Así, Colombia es considerado por Brasil como un Origen Inferior en todo el período debido a que cuando Brasil tuvo su mayor incremento en su ingreso, nos compraron menos, y con la moderación de su ingreso en los últimos años nos han comprado más.

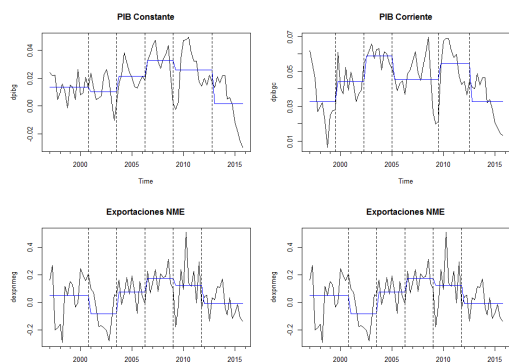


FIGURA 5. Quiebres: Brasil

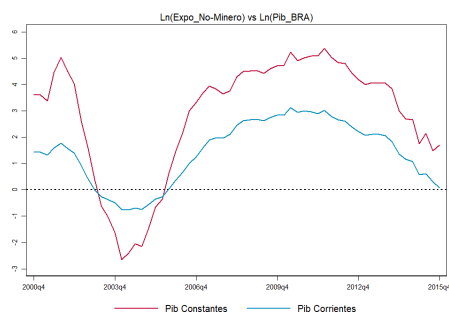


FIGURA 6. Betas Móviles Brasil

3.4. Chile

Chile posee 5 quiebres en su PIB medido en términos constantes como corrientes. Este destino es bastante regular en su comportamiento, se observa que a través

del periodo evaluado, Colombia se consolida como un origen normal para Chile.

Analizando los betas móviles se valida que el valor de los coeficientes es positivo por lo que sugiere que es un origen normal, aunque su tendencia en los últimos años de estudio pasa a estar en terreno negativo.

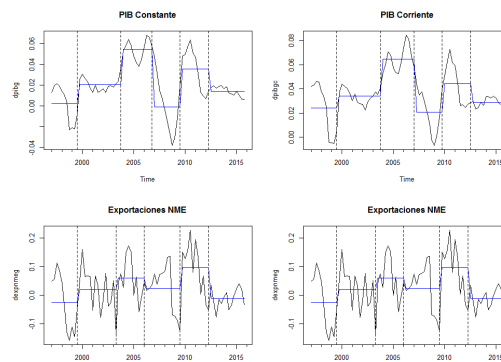


FIGURA 7. Quiebres: Chile

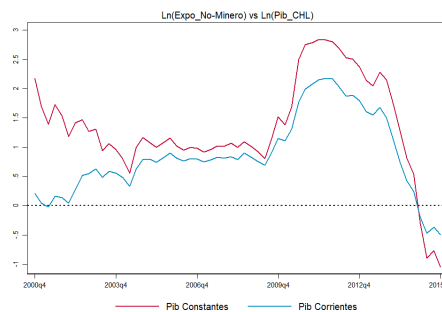


FIGURA 8. Betas Móviles Chile

3.5. China

China posee 4 quiebres en cada serie de PIB medido en términos constantes y corrientes. Este país es bastante regular en su comportamiento, se observa que a través del periodo evaluado, Colombia se consolida como un origen normal para China. Cabe aclarar, que antes del 2000 los quiebres de PIB corrientes y exportaciones tuvieron direcciones contrarias.

Analizando los betas móviles se valida que el valor de los coeficientes es positivo por lo que sugiere que es un origen normal, aunque su tendencia en los últimos años de estudio pasa a estar en terreno negativo.

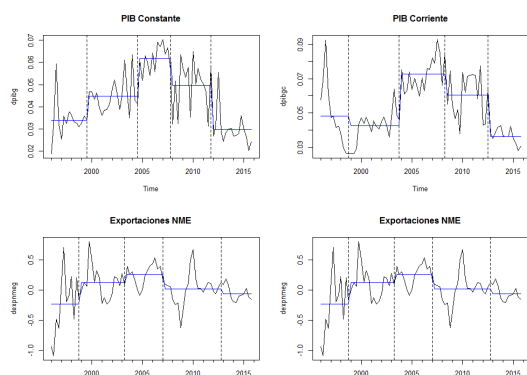


FIGURA 9. Quiebres: China

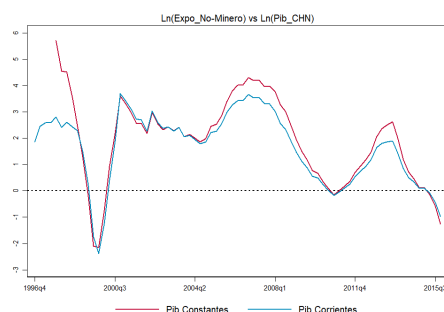


FIGURA 10. Betas Móviles China

3.6. Ecuador

Ecuador difiere en el número de quiebres que muestran sus series de PIB medido en términos corrientes y constantes. En términos corrientes el PIB tiene 4 quiebres estructurales y en términos constantes tiene 5 quiebres estructurales.

Cuando se hace la comparación entre el PIB en términos corrientes y las exportaciones no minero - energéticas hacia este destino responden poco antes del quiebre en el PIB. No obstante, estos quiebres responden en la misma dirección, lo que sugeriría que Colombia para Ecuador es un origen normal.

Por el lado del PIB constante, de nuevo, los quiebres en las exportaciones responden poco antes que los quiebres en el PIB. Lo particular de este caso es que el primer quiebre es en dirección contraria, luego los quiebres responden en igual dirección por lo que Colombia se consolida como origen normal en los últimos 10 años.

Analizando los betas móviles se valida que el valor de los coeficientes es positivo por lo que sugiere que es un origen normal, aunque su tendencia en el último

trimestre de estudio pase a estar en terreno negativo y que la tendencia se esté deteriorando con mayor rapidez desde 2013.

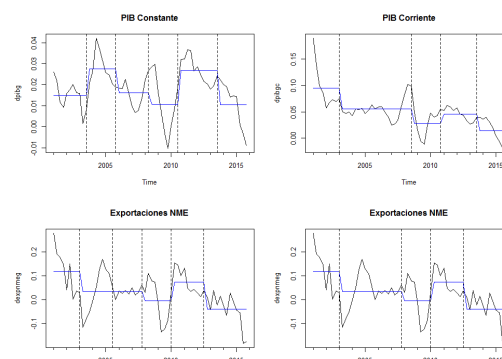


FIGURA 11. Quiebres: Ecuador

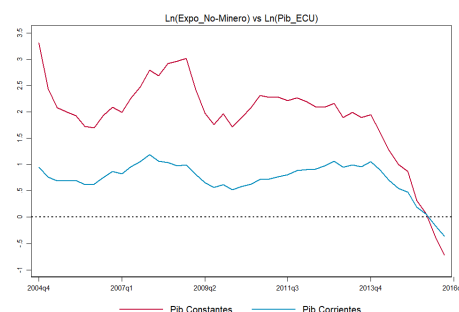


FIGURA 12. Betas Móviles Ecuador

3.7. España

España, como el caso anterior, el número de quiebres entre el PIB corriente y el PIB constante es diferente; 4 y 5 respectivamente.

En términos corrientes, antes de 2010, los quiebres estructurales de las exportaciones no minero - energéticas de Colombia hacia este destino responden poco antes de que el PIB cambie. Sin embargo, luego de 2010, el cambio en las exportaciones reaccionan después del cambio del ingreso. Para España, Colombia era un origen inferior antes del ajuste en el ingreso de 2010, a partir de ese año los quiebres sugieren que dicha condición cambió y que Colombia se transformó en un origen normal.

En términos constantes, en 2002 y 2005, los quiebres en las exportaciones responden poco antes que los quiebres en el PIB. No obstante, al igual que en términos corrientes, el ajuste de las exportaciones colombianas es igual que en términos corrientes, donde pasa de ser

considerado como un origen inferior a un origen normal. Este cambio sucede justo en la mayor caída del ingreso en la economía española, el cual fue en 2010.

Analizando los betas móviles el análisis muestra que antes de 2005, el signo de la elasticidad es negativa y luego de 2005 la elasticidad tiene en la mayoría del período un signo positivo. Esto significaría que antes de 2005 Colombia era considerado como un destino inferior y luego como un destino normal. No obstante, cuando se hace el análisis la tendencia de esta elasticidad nos muestra una mejor información sobre la evolución de esta elasticidad.

De hecho, la consideración de destino normal se deterioró desde finales de 2006, y aunque el signo era positivo, incrementos en el ingreso de la economía española, redujo la compra de bienes colombianos. Esto vuelve a cambiar, luego de la caída de su ingreso en 2010, donde la tendencia retoma un signo positivo.

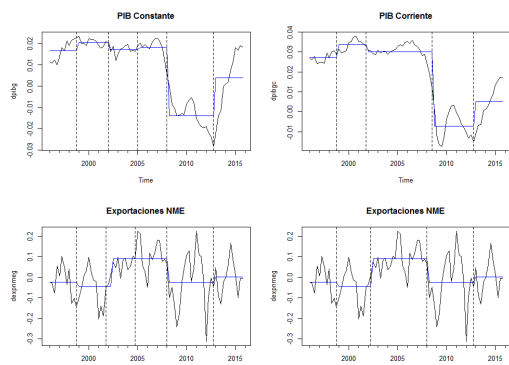


FIGURA 13. Quiebres: España

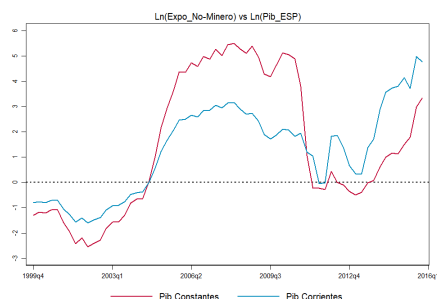


FIGURA 14. Betas Móviles España

3.8. India

India posee 5 quiebres en su PIB medido en términos corrientes y constantes. En términos corrientes, los

quiebres de las exportaciones no minero - energéticas de Colombia hacia este destino responden poco antes del quiebre en el PIB. No obstante, para India, Colombia es un origen inferior a través de todo el periodo de estudio.

En términos constantes, los quiebres en las exportaciones responden después que los quiebres en el PIB y se observa que Colombia entre 2006 y 2010 tuvo rasgos de ser un origen normal para India, pero al final del período de estudio volvió a ser inferior.

Con los betas móviles se ve que el valor de los coeficientes es positivo en la mayoría del período de estudio. Sin embargo, cuando se analiza la tendencia de esta elasticidad se puede observar que entre 2003 - 2006 y 2010 - 2015 es negativa. Esto es congruente con el análisis de quiebres estructurales, debido a que la consideración de bien normal, en realidad se ha deteriorado en la mayoría del período de estudio, y de hecho en términos corrientes la consideración de Colombia como un Origen inferior se ha fortalecido.

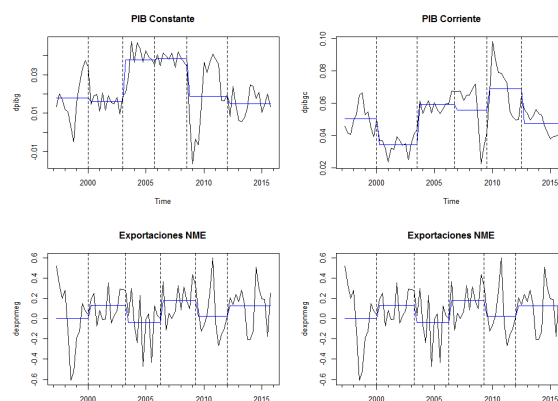


FIGURA 15. Quiebres: India

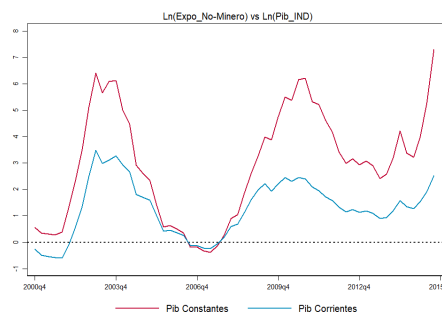


FIGURA 16. Betas Móviles India

3.9. México

México tiene 4 quiebres estructurales en su serie del PIB a precios constantes y corrientes y 4 quiebres para la variación de las exportaciones no minero-energéticas de Colombia hacia México. Se debe tener en cuenta que la respuesta de las exportaciones resulta ser en algunos periodos de tiempo después al cambio en el PIB.

El primer quiebre del PIB se observa a mediados del año 2000 con respuesta en las exportaciones en 2003, mostrando un comportamiento de Origen normal. De ahí en adelante, el comportamiento cambia a ser un origen Inferior en las preferencias de México respecto a Colombia.

Conforme a la estructuración de Colombia como origen Inferior, el análisis rolling muestra que el signo de los betas móviles son positivos a lo largo del periodo pero, con una tendencia decreciente luego de 2003, confirmando dicha hipótesis a partir de finales de 2003.

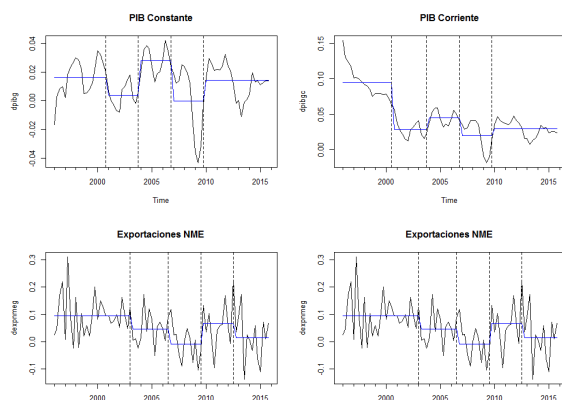


FIGURA 17. Quiebres: México

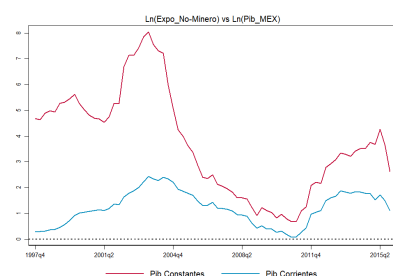


FIGURA 18. Betas Móviles México

3.10. Países Bajos

Países Bajos tiene 5 cambios estructurales en las series de PIB a precios corrientes y constantes, y

de igual manera se observan el mismo número de la gráfica comparativa de exportaciones no minero energéticas de Colombia hacia esta nación. A partir de estas ilustraciones podemos inferir que hasta antes de culminar 2005, Colombia como origen de importación, resultaba ser inferior; luego de esta fecha se evidencia un cambio del comportamiento de las decisiones de compra de los Países Bajos, el cual ve más atractivo a Colombia para demandar sus bienes después de presentar un choque en su ingreso, configurando así, al país externo, como un origen Normal.

De la misma manera, se observa en el análisis de la regresión rolling, que para antes de 2005 la elasticidad es negativa. Para después de 2005, se observa que la tendencia cambia y se ubica en la zona positiva, confirmando el desplazamiento de las preferencias de Países Bajos, donde Colombia pasa de ser un origen inferior, a ser uno Normal.

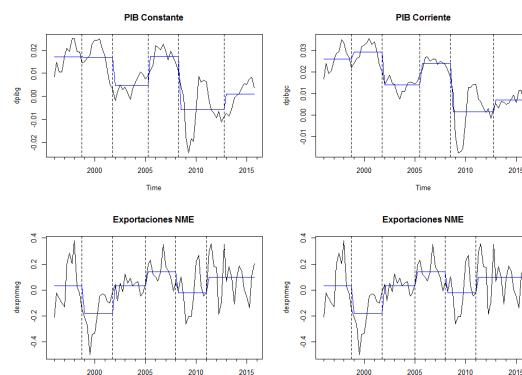


FIGURA 19. Quiebres: Países Bajos

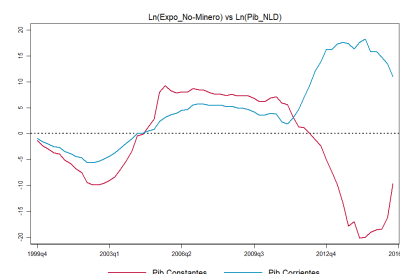


FIGURA 20. Betas Móviles Países Bajos

3.11. Perú

Perú cuenta con 5 quiebres en las series de exportaciones no minero energéticas y de PIB a precios

corrientes. Consecuentemente, se debe tener en cuenta que para este caso en particular, la reacción de las exportaciones ante un impulso en el PIB no resulta ser instantáneo, sino unos periodos más adelante.

El primer quiebre observado se ubica antes de 1999 y la respuesta de las exportaciones de Colombia hacia Perú es inversa, mostrando un comportamiento inferior de acuerdo a la definición inicialmente planteada. El siguiente quiebre responde directamente, siendo Colombia un origen normal. Luego, pero con efecto retardado, regresa a ser inferior a inicios de 2010. Por último, se da una nueva recomposición de Colombia como origen Normal.

Por lo anterior, se deduce un comportamiento muy volátil para definir si Colombia es un origen inferior o normal para Perú en todo el período. Sin embargo, el trabajo con los betas móviles da indicios de una conducta que, si bien es volátil, ésta se encuentra en su mayoría en terreno positivo. Es decir, la relación de las exportaciones de Colombia hacia Perú y el PIB de Perú es tendencialmente positiva dando sentido, a grandes rasgos, a Colombia como un origen normal, aunque con notable deterioro de esta consideración en los últimos años.

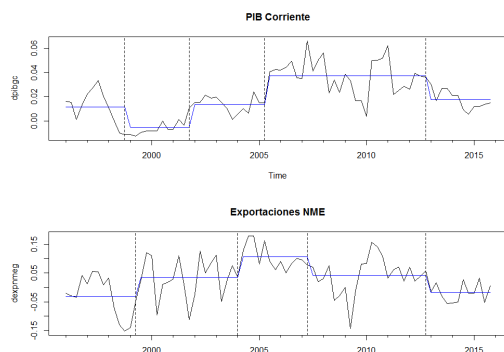


FIGURA 21. Quiebres: Perú

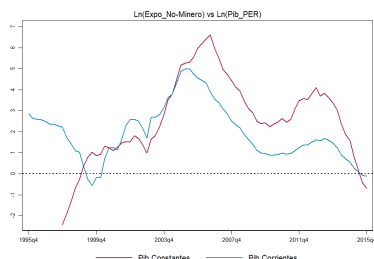


FIGURA 22. Betas Móviles Perú

3.12. República Dominicana

El análisis de quiebres estructurales de las exportaciones no minero-energéticas de Colombia a República Dominicana frente a los cambios del PIB a precios corrientes, evidenciamos un nuevo comportamiento predominado por 5 quiebres en las series a través del tiempo. A partir de esto, se muestra que hasta el cuarto quiebre (aproximadamente en el año 2009), la demanda de República Dominicana de productos colombianos es inversamente proporcional ante un cambio en su ingreso, mostrando a Colombia como un origen Inferior hasta esa fecha. Luego, existe un eventual cambio en la dinámica y pasa a ser un origen Normal.

Revisando la relación entre las exportaciones colombianas hacia República Dominicana y el PIB, los betas móviles estimados a través del tiempo presentan no un comportamiento concluyente. Esto se debe a que el signo de la elasticidad es positivo en todo el periodo de estudio. Sin embargo, y sin pérdida de generalidad, la tendencia de estos estimadores a lo largo del periodo es negativa, dando coherencia a un posible efecto inverso entre la demanda y el ingreso. En conclusión, Colombia como oferente de productos resulta ser un origen Inferior para República Dominicana.

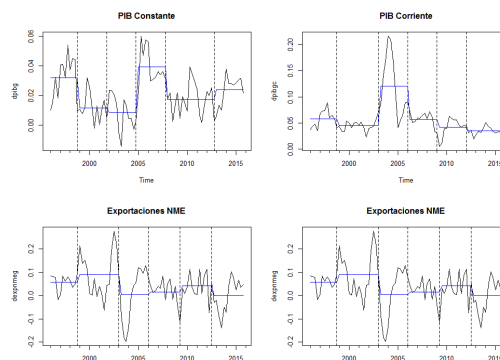


FIGURA 23. Quiebres: República Dominicana

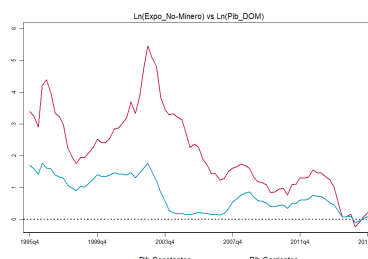


FIGURA 24. Betas Móviles República Dominicana

3.13. Reino Unido

Reino Unido muestra tener 4 quiebres estructurales que permiten un mejor análisis del crecimiento del PIB a precios constantes y corrientes, y de las exportaciones no minero-energéticas colombianas hacia Reino Unido. El ajuste observado (utilizando los datos de PIB a precios corrientes) en las exportaciones, refleja a Colombia como un origen normal, más o menos hasta principios de 2008. Sin embargo, esta dinámica cambia luego de la recomposición del ingreso por la crisis de 2010 y a pesar del aumento del ingreso en Reino Unido, la compra de bienes colombianos cae, considerando a Colombia como un origen inferior.

Este comportamiento que definirá a Colombia como origen Inferior, es más claro cuando se analizan las series en términos constantes, donde durante todo el período la consideración de origen inferior es una característica clara.

Seguidamente, pasando al plano de las estimaciones de los betas móviles de la relación del PIB, tanto a precios constantes como corrientes, la elasticidad y la exportaciones no minero-energéticas se observa que el comportamiento tendencial de la serie de los parámetros a partir de último trimestre de 2001 es creciente hasta finales de 2011(a precios corrientes), corroborando la relación positiva entre las variables, concluyendo que Colombia ha sido en su mayoría un origen Normal para Reino Unido. Luego de 2011 la tendencia es negativa, mostrando que, para el último tramo del periodo analizado, los bienes de Colombia resultan ser Inferiores para el país referente.

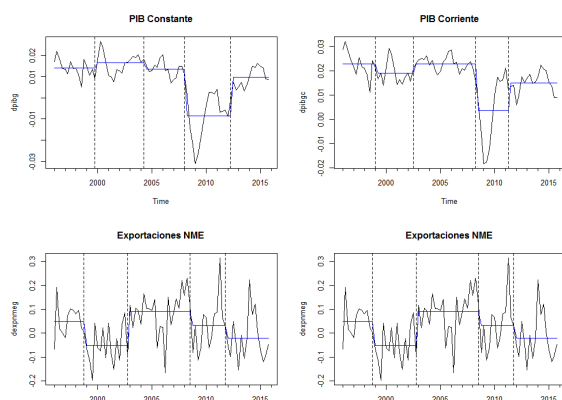


FIGURA 25. Quiebres: Reino Unido

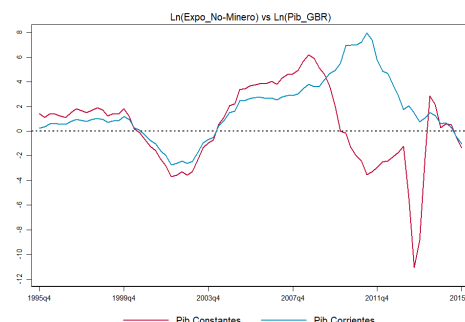


FIGURA 26. Betas Móviles Reino Unido

3.14. Estados Unidos

Para este caso, es conveniente resaltar que el efecto del cambio del PIB sobre las exportaciones no minero-energéticas de Colombia viene rezagado dada la transición del ciclo económico. Por ende, el choque que pueda suceder en el PIB a precios corriente o constantes no afecta en el mismo momento a la demanda de Estados Unidos.

El comportamiento de la demanda y el ingreso estadounidense se analiza sobre cuatro quiebres estructurales en las series. En cada uno de estos, es posible enfocar a Colombia como un origen preferido por Estados Unidos para ser un proveedor de sus productos. Entre tanto, dada las preferencias de Estados Unidos, ante un cambio en el ingreso (medido a través del PIB: corrientes o constantes) la respuesta de la demanda (exportaciones no minero-energéticas) es directamente proporcional, constituyéndose como un origen Normal.

En el análisis de las elasticidades se observa un periodo con valores de los estimadores en zona negativa en 2002 y un deterioro de la condición de origen normal desde 2010. Esto se debe principalmente porque la dinámica de la economía de Estados Unidos ha tenido que enfrentar crisis que han desajustado sus indicadores macro, y han reducido sus patrones de consumo. No obstante, en el periodo de estudio se ratifica que Colombia es un país preferido por Estados Unidos como origen Normal para la demanda de productos.

Es importante resaltar que en Bernal & Ibáñez (2017) se demuestra que un escenario contrafactual, si no hubiese habido la firma del TLC entre ambos países, la crisis económica que enfrentó Estados Unidos en 2010 se hubiera traducido en una caída en la demanda de los productos colombianos de tal magnitud que hubiera cambiado la concepción de nuestros productos, y hubiesemos pasado de Origen Normal a Origen Inferior.

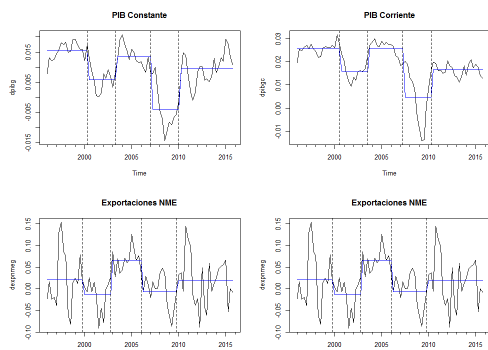


FIGURA 27. Quiebres: Estados Unidos

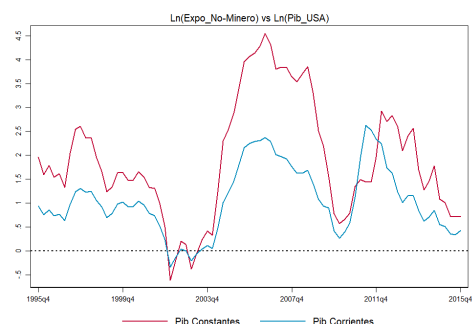


FIGURA 28. Betas Móviles Estados Unidos

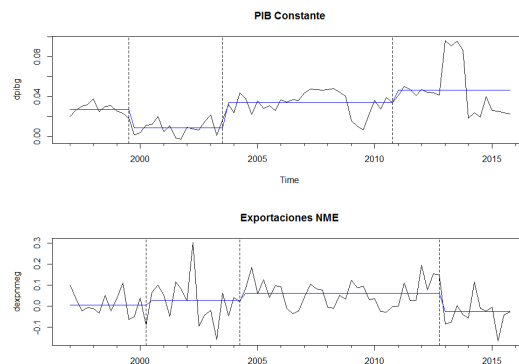


FIGURA 29. Quiebres: Panamá

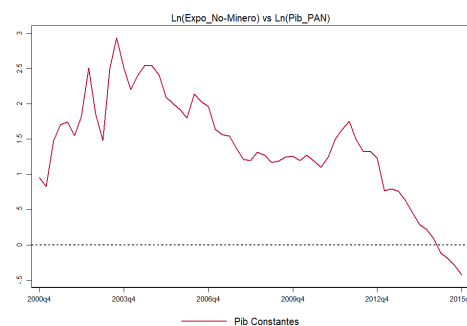


FIGURA 30. Betas Móviles Panamá

3.15. Panamá

Panamá tiene 3 quiebres estructurales para las series de PIB a precios constantes como para las exportaciones de Colombia a Panamá. Antes de terminar la década de los noventa, es evidente que el cambio negativo del ingreso de Panamá incentivó un cambio inverso en la demanda de bienes no minero-energéticos desde Colombia, considerando así, este país ofertante como Inferior. El próximo quiebre, alrededor de 2003, cambia la condición anterior y pasa a ser un origen Normal, posiblemente por un cambio brusco en la restricción presupuestal de Panamá. Del mismo modo, vuelve a suceder un choque fuerte en el ingreso de este país en 2009, revirtiendo el comportamiento pasado, para establecer a Colombia como origen Inferior de nuevo.

El análisis de la elasticidad reafirma lo que se encontró con el análisis de quiebres estructurales, donde se ve un deterioro de la concepción de los productos colombianos, pasando de Origen Normal a Origen Inferior.

3.16. Venezuela

Realizando el análisis bajo el PIB a precios constantes, se encuentra que Venezuela en su serie de ingresos tiene 3 quiebres estructurales. Hasta finales de 2008, en presencia del segundo quiebre, Colombia resulta ser un origen Normal donde los cambios en las exportaciones no minero-energéticas de Colombia son directamente proporcionales a los cambios en el Ingreso de Venezuela. Después, pero con respuesta rezagada, la relación propiciada es inversa, por tanto se convierte en un origen Inferior.

Observando los betas móviles estimados en las regresiones móviles, a partir del año 2000 hasta finales de 2010, permanecen en la zona con signo positivo, dando claridad a Colombia como origen Normal. Después de este año la tendencia es decreciente y llega a terreno negativo, mostrando la relación inversa entre del ingreso y la demanda, que evidencia la postura final de Colombia como origen inferior de importación para Venezuela.

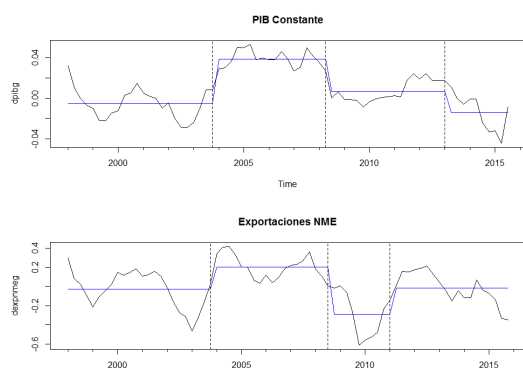


FIGURA 31. Quiebres: Venezuela

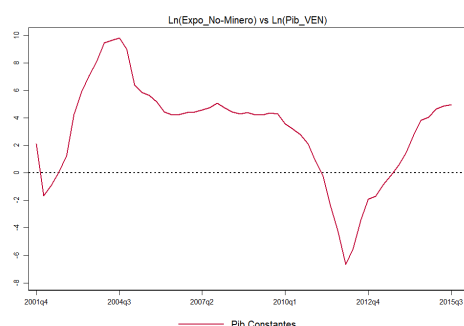


FIGURA 32. Betas Móviles Venezuela

4. CONCLUSIONES

El concepto de origen normal y origen inferior se develó a partir de llevar un concepto microeconómico a la política comercial. En términos generales, al analizar la demanda de un bien se acostumbra a hacer estática comparativa, sin embargo esto supone que los efectos ingreso en los países conlleva a incrementar en la misma magnitud la compra de bienes externos.

Pero, tal como lo demostró este artículo, revisar cómo cambia la demanda de exportaciones no minero-energéticas colombianas con respecto al ingreso de otros países, el efecto ingreso en los países es heterogéneo, y la concepción de los países socios de Colombia es diferente a través del tiempo. De hecho, es una constante, que luego de las crisis recientes, se haya fortalecido a Colombia como un Origen Normal.

Lo interesante que revela este análisis es su implicación en las políticas comerciales. Aunque los tratados de libre comercio y las preferencias arancelarias son claves para incentivar las dinámicas comerciales, al final la decisión de compra no sólo se hace por un tema de precios, sino de gustos y preferencias de los

CUADRO 1. Resumen de los Orígenes

Socio Comercial	Consideración de los productos colombianos
Alemania	Normal
Bélgica	Inferior
Brasil	Inferior
Chile	Normal
China	Normal
Ecuador	Normal
España	Inferior
India	Inferior
México	Inferior
Países Bajos	Normal
Perú	Normal
República Dominicana	Normal
Reino Unido	Inferior
Estados Unidos	Normal
Panamá	Inferior
Venezuela	Inferior

consumidores. Este artículo es un primer paso para entender que la compra de nuestros productos tiene una explicación importante es cómo los consumidores de los países socios conciben lo que vendemos.

Se hallaron países que eran consistentes en todo el período de tiempo estudiado, como Estados Unidos y Alemania; es decir, Colombia siempre fue un origen Normal o siempre uno Inferior; pero países como Brasil o Perú no poseen una consistencia de su demanda con respecto al país. Esto puede ser debido a características intrínsecas de dichos países, o condiciones internas de Colombia.

Ahora, otro punto interesante para futuras investigaciones, es hallar los determinantes del cambio de un estado al otro. Poder encontrar qué es lo que explica qué Colombia como origen pase de Inferior a Normal o de Normal a Inferior, podría re-enfocar toda la política comercial, dado que ya no dependeríamos de los cambios de los ingresos de los países para esperar que nos compren más. Fortalecer las relaciones comerciales en búsqueda de transformar la concepción en preferencias de nuestra cesta exportable permitirá una mayor profundización de nuestras relaciones comerciales.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Bai, J. and Perron, P. (2003). Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models, 73, (pp. 295-327)
- Bernal, F. y David Ibañez. (2017). Aplicación del modelo gravitacional de comercio exterior para la economía colombiana, 1993-2015. Revista de Estudios Económicos. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Volumen 2. ISSN: 2500-7173.
- Zivot, E. and Jiahui Wang. (2006). Modeling Financial Time Series with S-PLUS®. Publisher: Springer-Verlag New York. Copyright Holder: Springer-Verlag New York. eBook ISBN: 978-0-387-32348-0.

Long-Lasting Effects of Systemic Sudden Stops

JOHN J. LEON-DIAZ

University of Maryland
Email: leon@econ.umd.edu

1. INTRODUCTION

Sudden stops entail large costs in terms of output and investment when they materialize. Among those episodes, the “systemic sudden stops” introduced in [Calvo et al. \(2008\)](#) are associated with large and unexpected capital account movements, and have become of particular importance given the nature of the recent global crisis. While these episodes are found to entail large and pervasive consequences in the short-run, little is known about the effects on medium-term growth but more importantly on how these effects can be ameliorated by specific economic conditions.

Following the 2007 – 2008 crisis, the better prospects of emerging economies fueled a marked and sustained rise in capital inflows. However, slower dynamics of capital flows observed in the last couple of years have risen concerns on the possibility of a capital flow reversal and its potential consequences. In this note, we show evidence that episodes of systemic sudden stops have consequences on economic growth, particularly in the case of emerging markets. We find that the effects of systemic sudden stops on output last for 5 years in emerging economies, while they last only for 2 years in advanced economies. Despite not finding evidence of long-lasting effects on average, this results could be strengthened by using an alternative clustering of countries to assess if there is a particular group of countries for which there are long-lasting effects.

Related Literature. The long-lasting effects of crises on economic performance have been extensively studied in the literature. As pointed out in [Reinhart and Reinhart \(2015\)](#), crises are in general associated with slower economic growth. This can be the result of a direct causal channel from crises to growth, a reverse channel of slower growth leading to crises, or the influence of some other factors directly affecting growth and finance. [Cerra and Saxena \(2008\)](#) document large

and highly persistent output losses associated with political crises and financial crises, the latter including currency, banking and twin financial crises. These results are also supported by [Hosseinkouchack and Wolters \(2013\)](#) who find that positive and negative shocks including large recessionary episodes have permanent effects on GDP.

A much larger strand of the literature has been devoted to analyze the long-lasting effects of banking crises. At this respect, [Cecchetti et al. \(2009\)](#) echo the idea that most, but not all, banking crises entail large contractions in output, from which it takes several years to recover. [Oulton and Sebastia-Barriel \(2013\)](#) report that banking crises have, on average, a significant effect on both the short-run and long-run levels of labor productivity; in particular, a banking crisis generates a drop in labor productivity of 0.6% to 0.7%. In addition, [Furceri et al. \(2012\)](#) find evidence of long-lasting effects on unemployment, and [Duval et al. \(2011\)](#) report evidence that banking crises generate pervasive effects on labor force participation. Furthermore, [Abiad et al. \(2011\)](#) document negative effects on trade volumes and [Bogach and Noy \(2012\)](#) in foreign direct investment.

[Furceri and Zdzienicka \(2012\)](#) find that debt crises entail significant losses in terms of output, reducing it by 10% 8 years after the crisis episodes has occurred. [Jorda et al. \(2011\)](#) report that booms and busts dynamics are more pronounced in global crises as measured by growth and investment dynamics. They also find that crises are preceded by relatively larger current account deficits relative to a country’s own history. In addition, they also find that for advanced economies credit trends are the best predictors of financial instability. Defaults have also been associated with long-lasting effects on output. [Yeyati and Panizza \(2011\)](#) examines the impact of default on growth and find that output contraction start before the beginning of a default episode.

TABLE 1: The effect of Systemic Sudden Stops on Output

	$t + 1$	$t + 2$	$t + 3$	$t + 4$	$t + 5$	$t + 6$	$t + 7$	$t + 8$
$\Delta y_{i,t-1}$	-0.0903 (0.0534)	-0.0499 (0.0605)	0.0106 (0.0639)	0.0409 (0.0897)	-0.0380 (0.1214)	-0.0163 (0.1354)	-0.0331 (0.1583)	-0.1586 (0.1558)
$\Delta y_{i,t-2}$	0.0001 (0.0432)	-0.0132 (0.0565)	0.0058 (0.0678)	0.0078 (0.0961)	-0.0011 (0.0951)	0.0616 (0.1279)	-0.0400 (0.1219)	0.1774 (0.1389)
D_{it}	-2.6345*** (0.5834)	-3.9172*** (0.8917)	-4.2131*** (1.0261)	-3.8404*** (1.1546)	-2.4636** (1.1729)	-0.3064 (1.1514)	1.5469 (1.5058)	2.0884 (1.8027)
N	441	441	441	427	411	396	374	352

Note. Standard Deviation in parenthesis. *** (**) [*] denotes significance at the 1 (5) [10] percent level.

2. DEFINITIONS

A sudden stop in net capital flows is defined as an event in which the year-on-year change in foreign net capital flows falls below two standard deviations from its historical mean. In terms of measuring its length in time, the sudden stop episode starts from the moment in which the series falls one standard deviation below its historical mean, but conditional on the fact that it will eventually cross the two-standard-deviations threshold. The episode ends when the series goes back to one standard deviation below the historical mean.

Using monthly data on goods imports, goods exports and international reserves (excluding gold), we construct a proxy of net capital flows as in [Calvo et al. \(2008\)](#). All variables are obtained from the International Financial Statistics produced by the International Monetary Fund, are expressed in U.S. dollars and deflated by the U.S. Consumer Price Index. Net capital flows are computed as the sum of net exports and the monthly change in international reserves. We apply a moving average filter to reduce the effects of seasonality in net flows. In particular, for monthly series we define $C_{jt}^n = \sum_{t=0}^1 1N_{jt}$ for $t = 12, 13, \dots, T$. The year-on-year change in net financial flows is defined as $\Delta C_{jt}^n = C_{jt} - C_{j,t-12}$. Therefore, a sudden stop in net capital flows can be defined as an episode in which the variable ΔC_{jt}^n falls below two standard deviations from of its historical mean.

A systemic sudden stop, as introduced by [Calvo et al. \(2008\)](#), is defined as a gross sudden stop that coincides with a sharp increase in aggregate spreads. More specifically, it is a dummy variable that takes the value 1 if a net sudden stop episode coincides with an aggregate-spread window, and 0 otherwise. An aggregate-spread window is defined as a dummy that takes the value 1 if the sovereign bond spread rises beyond two standard deviations from its historical mean. In terms of measuring its length in time, this window starts from the moment in which the series rises

one standard deviation above its historical mean, but conditional on the fact that it will eventually cross the two-standard-deviations threshold. The window ends when the series goes back to one standard deviation above the historical mean.

The episodes of systemic sudden stops are obtained from [Calvo et al. \(2008\)](#). However, the episodes for advanced economies are updated to account for the changes in spreads and interest rates in Euro and Non-Euro advanced economies occurred since 2005. For this purpose we construct measures of spreads based on G7 economies for Non-Euro countries and the Euro average spread for Euro countries. Using this methodology we are able to capture two main global episodes over the last 10 years: the global financial recession of 2007-2009 and the debt crisis in Euro countries in 2012.

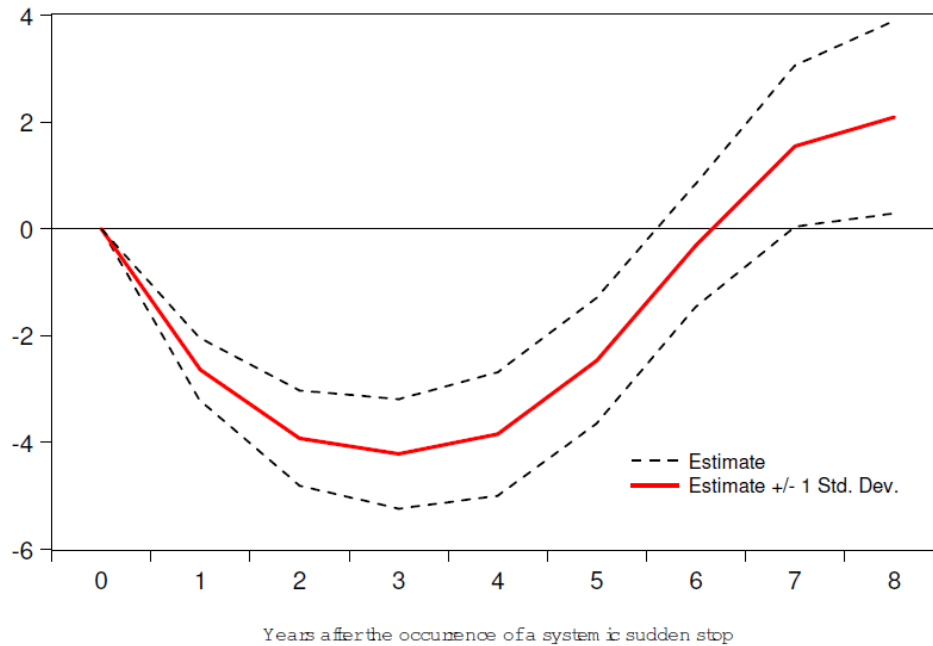
3. ESTIMATION

Following the methodology implemented in [Jorda \(2005\)](#) and [Furceri and Zdzienicka \(2012\)](#), we estimate the dynamic impact of systemic sudden stops on real output by computing the Impulse Response Function using local projections. More specifically, for each period k the following regression is estimated:

$$y_{i,t+k} - y_{i,t-1} = \alpha_i^k + \sum_{j=1}^l \Delta y_{i,t-j} + \beta^k D_{i,t} + \rho^k X_{i,t} + \varepsilon_{i,t}, \quad (1)$$

where i is the country index, t is the time index, and k is the time span considered ($k = 1, 2, \dots, 8$). $y_{i,t}$ stands for the logged real GDP in country i at time t . A dummy variable that takes the value of 1 if a country faces a systemic sudden stop and zero otherwise is denoted by D_{it} . The regression error is ε_{it} . Finally, X_{it} is a set of country-specific controls.

FIGURE 1: The Effect of Sudden Stops on Output



3.1. Data

The dependent variable is the log-difference of real gross domestic product (GDP) for different time spans. The series of GDP are obtained from the International Financial Statistics (IFS) produced by the International Monetary Fund (IMF).

The country-specific controls included in the regression comprise the logged GDP growth in $t-1$ and the logged GDP growth in $t-2$. We also include gross fixed capital formation, government spending, and total population as additional regressors, all obtained from the World Development Indicators (WDI) produced by the World Bank. We also control for the level of CPI inflation and the degree of openness to trade computed using data from IFS.

We account for the *soundness of the financial sector* by incorporating to the regression bank credit to the private sector as percentage of GDP, obtained from Beck et al. (2009), as well as measures of exchange rate flexibility based on the fine classification of exchange rate regimes constructed by Reinhart and Rogoff (2009) and updated by Iltzesky et al. (2009).

See the Appendix for details on the variables used and their sources.

3.2. Results

Table 1 presents evidence that on average systemic sudden stops are associated with significant output losses during the five years after the episode. In particular, these episodes decrease real output in approximately 2% on impact and this decline in output deepens until the third year post-crisis. The fact that the largest output losses occur during the third year after the crisis is consistent with the findings in Reinhart and Rogoff (2009). However, unlike that paper, after the fifth year post-crisis, economic growth starts reverting to normal and the relevance of capital reversal start to dissipate. There is no significant evidence of a longer-lasting effect of a systemic sudden stop in economic growth. This result is consistent even if we exclude the new systemic episodes for advanced economies. If anything, the inclusion of these new episodes relative to the ones reported in Calvo et al. (2008) reduces the magnitude of the response of economic growth to capital flow reversal.

Figure 1 displays the impulse response based on the results reported in Table 1. Analogous to Jorda (2005), the impulse response to a systemic sudden stop corresponds to the estimated coefficient β_k in equation 1, where $k = 1, 2, \dots, 8$ is the number of years after a systemic episode. The confidence bands are computed

TABLE 2: The effect of Systemic Sudden Stops on Output: Emerging vs. Advanced

	$t + 1$	$t + 2$	$t + 3$	$t + 4$	$t + 5$	$t + 6$	$t + 7$	$t + 8$
<i>Emerging</i>								
$\Delta y_{i,t-1}$	-0.0571 (0.0523)	-0.0785 (0.0594)	-0.1091 (0.0868)	-0.1207 (0.0700)	-0.2572 (0.1529)	-0.0957 (0.1517)	-0.0037 (0.1703)	-0.1220 (0.1559)
$\Delta y_{i,t-2}$	0.0225 (0.0447)	-0.0266 (0.0766)	-0.0946 (0.0555)	-0.1973 (0.1285)	-0.1653 (0.1307)	-0.0957 (0.1517)	-0.0037 (0.1703)	-0.1220 (0.1559)
D_{it}	-3.0204*** (0.8121)	-4.8201*** (1.4570)	-5.2123** (1.8398)	-4.9239** (1.6962)	-3.9142** (1.6962)	-2.4743 (1.1604)	-1.2849 (1.1803)	-0.6324 (1.1186)
N	161	161	161	152	143	135	126	117
<i>Advanced</i>								
$\Delta y_{i,t-1}$	-0.0265 (0.0814)	0.0505 (0.0605)	0.0732 (0.0622)	-0.1627 (0.1042)	-0.1525 (0.1313)	-0.2713 (0.1354)	-0.651 (0.1535)	-0.2237 (0.1343)
$\Delta y_{i,t-2}$	0.0627 (0.0562)	-0.0904 (0.0722)	0.0468 (0.1143)	0.3114** (0.1318)	0.3915*** (0.1214)	0.4120 (0.1923)	0.1909 (0.1343)	0.3986 (0.1255)
D_{it}	-1.2258** (0.4347)	-1.2466*** (0.3971)	-0.6079 (0.4019)	0.1352 (0.8808)	1.2871 (1.0876)	1.7974 (1.2359)	1.1847 (0.8519)	-0.4127 (1.3384)
N	213	213	213	209	204	199	191	182

Note. Standard Deviation in parenthesis. *** (**) [*] denotes significance at the 1 (5) [10] percent level.

as the estimated coefficient plus/minus one standard deviation. The figure shows that a systemic sudden stop has, on average, a negative and significant impact on GDP growth for the first 5 years, and then it becomes non-significant.

The dynamics of output are robust to the inclusion of alternative regressors such as exchange rate regimes. Table 2 presents the results when the sample is separated between emerging and advanced economies. It is evident that the effects of systemic sudden stops are stronger for emerging markets and that the results reported in Table 1 are mainly driven by these type of countries. In particular, for advanced economies, episodes of systemic sudden stops only trigger a shorter-lived decline in real output; after two years the economy has not longer affected by the shock. On the contrary, the effects on emerging markets last up to five years after a crisis.

4. REFERENCES

1. Abiad, A., Mishra, P., and Topalova, P. (2011). How Does Trade Evolve in the Aftermath of Financial Crises? IMF Working Papers 11-3, International Monetary Fund
2. Beck, T., Demirguc-Kunt, A., and Levine, R. (2009). Financial institutions and markets across countries and over time - data and analysis. Policy Research Working Paper Series 4943, The World Bank.
3. Bogach, O. and Noy, I. (2012). Fire-Sale FDI? The Impact of Financial Crisis on Foreign Direct Investment. Working Paper 12-5, University of Hawaii at Manoa, Department of Economics.
4. Calvo, G. A., Izquierdo, A., and Mejia, L. F. (2008). Systemic Sudden Stops: The Relevance Of Balance- Sheet Effects And Financial Integration. NBER Working Papers 14026, National Bureau of Economic Research, Inc.
5. Cecchetti, S. G., Kohler, M., and Upper, C. (2009). Financial crises and economic activity. Proceedings - Economic Policy Symposium - Jackson Hole, pages 89-135.
6. Cerra, V. and Saxena, S. C. (2008). Growth Dynamics: The Myth of Economic Recovery. American Economic Review, 98(1):439-57.
7. Duval, R., Eris, M., and Furceri, D. (2011). The Effects of Downturns on Labour Force Participation: Evidence and Causes. OECD Economics Department Working Papers 875, OECD Publishing.
8. Furceri, D., Bernal-Verdugo, L. E., and Guillaume, D. M. (2012). Crises, Labor Market Policy, and Unemployment. IMF Working Papers 12-65, International Monetary Fund.
9. Furceri, D. and Zdzienicka, A. (2012). How costly are debt crises? Journal of International Money and

Finance, 31(4): 726-742.

10. Hosseinkouchack, M. and Wolters, M. H. (2013). Do large recessions reduce output permanently? *Economics Letters*, 121(3): 516-519.
11. Iltzezy, E. O., Reinhart, C. M., and Rogoff, K. S. (2009). Exchange Rate Arrangements Entering the 21st Century: Which Anchor Will Hold? Manuscript, Harvard University, Cambridge, MA.
12. Jorda, O. (2005). Estimation and Inference of Impulse Responses by Local Projections. *American Economic Review*, 95(1): 161-182.
13. Jorda, O., Schularick, M., and Taylor, A. M. (2011). Financial Crises, Credit Booms, and External Imbalances: 140 Years of Lessons. *IMF Economic Review*, 59(2): 340-378.
14. Oulton, N. and Sebastia-Barriel, M. (2013). Long and short-term effects of the financial crisis on labour productivity, capital and output. Bank of England working papers 470, Bank of England.
15. Reinhart, C. M. and Reinhart, V. R. (2015). Financial Crises, Development, and Growth: A Long-term Perspective. *World Bank Economic Review*, 29(suppl): S53-S76.
16. Reinhart, C. M. and Rogoff, K. S. (2009). The Aftermath of Financial Crises. NBER Working Papers 14656, National Bureau of Economic Research, Inc.
17. Yeyati, E. L. and Panizza, U. (2011). The elusive costs of sovereign defaults. *Journal of development Economics*, 94(1):95105.

APPENDIX: DESCRIPTION OF VARIABLES AND SOURCES

<i>Variable</i>	<i>Definition</i>	<i>Source</i>
<i>Sudden Stops</i>		
Net Sudden Stop Episode	Dummy that takes the value 1 if the year-on-year change in foreign capital <i>net flows</i> falls below two standard deviations from its historical mean. In terms of measuring its length in time, the sudden stop episode starts from the moment in which the series falls one standard deviation below its historical mean, but conditional on the fact that it will eventually cross the two-standard-deviations threshold. The episode ends when the series goes back to one standard deviation below the historical mean.	Constructed by authors.
Sovereign Bond Spreads	<i>Emerging Countries</i> : From 1991, JPM EMBI Composite. Before 1991, effective Fed Funds rate. <i>Developing Countries</i> : Average Euro-area government bond spread over German 10-year government bond. <i>Developed Countries</i> : From 1995, G7 government bond spread over US Treasury bonds. Before 1995, German 10-year government bond spread over US Treasury bonds. This measure is used to compute systemic sudden stop episodes.	EMBI from Bloomberg. Effective Fed Funds rate from FRED. Government bond spreads for Euro area and G7 countries computed from bond yields obtained from Datastream.
Terms of Trade	100*(Price of Exports / Price of Imports).	IFS and Datastream.
<i>Country-specific Variables</i>		
GDP Growth	Year-on-year growth rate of real GDP.	IFS.
CPI Inflation	Year-on-year growth rate of CPI.	IFS. When not available, CPI inflation was obtained from local sources and from Datastream.
CAD	Current account deficit.	BOPS (both BPM5 and BPM6), IMF.
Trade Openness	Exports plus imports as percentage of GDP.	Exports, Imports and GDP in local currency at current prices from IFS (National Accounts).
Private Credit	Bank credit to private sector as percentage of GDP.	Beck et al. (2009)
Depth of Financial System	Stock market capitalization as percentage of GDP	Beck et al. (2009)
Exchange Rate Regime	Monthly fine classification (1-15) of countries according to their exchange rate regime.	Reinhart and Rogoff (2009), updated by Iltzesky et al. (2009).
Government Spending	Public expenditures as percentage of GDP	WDI, World Bank.
Public Debt	Public debt as percentage of GDP. Annual frequency.	Abbas et al. (2011)
Gross Fixed Capital Formation	Gross fixed capital formation as percentage of GDP.	WDI, World Bank.
Population	Total population.	WDI, World Bank.
Exchange Rate	Exchange rate, period average, national currency per US dollar.	IFS.

A Computable General Equilibrium for Exchange Rate in Colombia

BRIAN SALAMANCA

Oficina de Estudios Económicos
Email: bsalamanca@mincit.gov.co

This working paper carries out a preview version Computable General Equilibrium (CGE) model to estimate optimal exchange rate for Colombian economy. The dataset is a SAM representation for year 2015 obtained from the DANE National Accounts.

keywords: International Trade, Computable General Equilibrium, Exchange Rate

1. INTRODUCTION

The CGE model is a standard tool that allows representing a neoclassical economic, with a system of equations that describes to the economic agents and its interactions under the microeconomic assumptions. Moreover, it is used to analyze and simulate the impacts of different policies and unexpected events (External Shocks), over the aggregate (Macroeconomic variables), the welfare or another specific variable.

Thus, the CGE model is elaborated according to two basic steps, first, constructing a square matrix named Social Account Matrix (SAM), which consistently describes the economy. Second, writing a set equations which describe the economy, with its flows and transactions, according with microeconomic basic fundamentals.

This working paper is intended to estimate optimal exchange rate for Colombian economy, therefore, in the section 2 is described the situation of the economy in 2015 by providing some details on data. Section 3 shows the literature review about CGE's models. Section 4, exposes some works with CGE models and introduces SAM and CGE methodology. Section 5, presents CGE model used for estimate exchange rate and current balance. Section 6, set forth the results and finally in the section 7, the conclusions are presented.

2. MACROECONOMIC OVERVIEW

The Colombian economy in 2016 has improved in the Macroeconomic policy framework, therefore the country has been characterized by be a resilient economy faced

to the fall in commodity prices.

More generally, the growth of the country has been solid, between 2009-2014 it being in average of 4,3%, which compared with OECD average is the double. One of the determinants of this dynamic have been the growth by the 70% of the terms-of trade after of the 2008 financial crisis. But in the last years, the global economy has changed, now it presents low-growth trap, world trade weakening and commodity prices falling. (OECD, 2017).

In 2015 and 2016, the growth of the economy slowed 3,1% and 2%, respectively. This dynamic compared with the result of other Latin American economies isn't discouraging, considering the current state of the world economy. The factors that have allowed to overcome the challenges of the world economy have been the floating exchange rate regime, the fiscal rule that has limited the fiscal deficit and the inflation targeting monetary policy, which has allowed for reasonable inflation expectations.

As for the current account deficit, in 2015 it increased as a result of falling of exports in contrast to lower drop in the imports due to the increase in income. While in 2016, the current account deficit decrease, since imports reached a greater deceleration than exports due to the exchange rate depreciation and economic slowdown.

2.1. Gross Product Domestic

Gross Product Domestic (GDP) grew of 3,1% due to the drop in the terms of trade, El Niño's phenomenon, reduction of the demand of commercial partners, *inter alia*. Regarding to the demand side, investment reduced in 2,6% and, private consumption fell in 3,8%, and

Variable	2014	2015
Households consumption	4,2	3,8
Government consumption	4,7	2,8
Investment	11,6	2,6
Internt Demand	6,0	3,0

Source: DANE

TABLE 1. Real GDP growth (%) by type of expenditure

government consumption dropped in 2,8% therefore domestic demand slowed down from 6,0% in 2014 to 3,6% (Table 1). The main reasons for this fall are: reduction of oil prices, domestic currency depreciation and low capital goods investment. Concerning to supply side of GDP, mining and the manufacture industry show low growth in 0,6% and 1,2%, while construction, commerce and financial services growth in 3,9%, 4,1% and 4,3%, as a result of increase in construction of civil works and tourism.

2.2. Inflation

Inflation increased in 6.7% by currency depreciation and strong intensity El Niño's phenomenon, which affected imported goods and foods prices, respectively. Thus, the tradable goods' price increased in 7,7 %, and non-tradable goods' price grew in 5,42%.

2.3. Exchange rate

The currency depreciation was due to the growth of United States economy, the expectations about monetary policy of Federal Reserve, slow growth China economy, strong decrease of oil price and current deficit. Likewise, Central Bank of Colombia (2016) also mentions that the weakening of the domestic currency was caused by the increase in net external liabilities and the low growth of labor productivity in the tradable sectors.

2.4. Terms of Trade and International Trade

2.4.1. Terms of Trade

The decline in the terms of trade index was triggered by the sharp fall in 46,7% oil prices (Brent). This fall is the result of increase on global supply for the exploitation of unconventional deposits in United States and withdraw of sanctions to Iran

2.4.2. International Trade

The current account was reduced by USD 9,396 m, by low growth of colombian's commercial partners and decrease international commodity prices. Exports

decreased in 32.9 % by both the decrease in the value of mining-energetics Export and trade constraint from Ecuador and Venezuela. Likewise, imports dropped in 15.3 % due to the result of currency depreciation and lower intern demand and the fall of imports prices, such as, capital goods and inputs, and fuels.

3. LITERATURE REVIEW

Between most relevant books of CGE are [Burfisher \(2011\)](#), which exposes with detail and straightforward examples the basics concepts of this type models. Moreover, in [Hosoe, et al. \(2010\)](#) additions examples using GAMS software and he construct a simple CGE. Literature on CGE models has been displaying a rapid expansion into several lines of research. However, the majority of papers have concentrated in studying impact of environmental and migrate policies, climate changes and international trade. Furthermore, literature of Colombia, as [Cárdenas, et al. \(2015\)](#), exposes simples models with basic microeconomics concepts, he make Macro CGE for Colombian economy for Central Bank of Colombia interests.

4. METHODOLOGY

4.1. Computable General Equilibrium

The CGE models describe of all economic agents behavior, as household consumers, producers, investors, the government, and rest of world, and the interaction between them. Where, the firms respond to the demand of goods and service by hiring labor and capital (Buying supplies). Besides, companies' revenue arrive to the households who distribute their expenditure on consumption of goods and services, savings and taxes. Thus, this income from taxes and savings reach the government and investors. Hence, there is a circular flow of revenue and expenses, which it includes all the economic activities such as production and consumption of goods and services, taxes and savings, employment and international trade at the same time ([Burfisher, 2011](#)).

These models include a set of exogenous and endogenous variables, market clearing constraints and macro closure conditions, which are used to find a simulated solution of the system of equations in order to find the equilibrium, where the supply equals the demand in all markets, at a given set of prices ([Burfisher, 2011](#)).

Then, the basic CGE model is shaped by following elements:

- **Endogenous variables:** This variables are solutions of the system of equations of the model,

such as prices and quantities of goods produced and consumed, prices and quantities of imported and exported goods, tax revenues and saving.

- **Exogenous Variables:** Fixed values that do not change when the model is solved, for example: job offer. Who estimate the model chooses which variables are endogenous, that is, who determines the closure of the model.
- **Exogenous Parameters:** These constant values are obtained from both dataset and the functionals forms of model. There are three types: Taxes or tariffs, elasticities of supply and demand, and changes and shares of coefficients in the equations of supply and demand.
- **Equations:** Mathematical functions which describe the economic behavior of producers, consumers, and other agents based on the theory microeconomic. For instance, Saving- Investment Identity.
- **Prices:** These variables are expressed in terms of a reference value. So that the solution of the model is expressed as a relation (relative price) and at least one is taken as a numeraire.

Additionally, this model is ordered typically in next blocks:

- Consumption
- Production
- Factor Markets
- International Trade
- Taxation

One of its key characteristics is representing a single period of time, therefore it is a photograph of the economy (static model). In addition, the supply of production factors is fixed and can be developed for a country or for multiple countries, modelling flow of capital, and commercial flow (Exports and Imports) (Hosoe, Gasawa, & Hashimoto, 2010).

Thus, the economists use this type of models to look at the impact of taxes policies, trade liberalization, and impact of climate change. For it, one of the exogenous variables is modified (exogenous shock) and next the new market equilibrium is observed, in order to quantify the effects of a shock on the economy, which allows us to anticipate the direction of these changes.

In this context, the methodology developed in the document is proposed in order to construct a preview version Computable General Equilibrium (CGE) to estimate optimal exchange rate for Colombian economy. To estimate the model was used the General Algebraic Modeling System (GAMS), it is a mathematical optimization and programming software.

4.2. Social Account Matrix

The Social Accounts Matrix (SAM) consists of a logical matrix representation of an economy from the National Accounts system, where the columns are expenses and the rows are income of all the agents of the economy. For the case of Colombia, this matrix groups all the information of the Input-Output (IO) and Integrated Economic Accounts (IEA) matrices, which are obtained from the DANE (Lora, 2008).

Additionally, the SAM allows a easy vision of linkages among agents in the economy. Agents are industries, consumers, the government, factor of productions and *inter alia*. Therefore, the CGE models use the SAM matrix, as a source information of the economy at a specific moment of time, for to determine equilibrium both prices and quantities, aggregate values, consumer demands and investment

Moreover, the elements that compose the SAM are:

- An IO matrix describes in a practical and simple way the origin and uses of goods and services all productive branches and the final demand.
- An IEA which contains all transactions for each institutional sector without origin or destiny.

4.3. Data

The data used to construct SAM are Colombian National Accounts from 2015, this information is obtained from DANE (Statistics Department from Colombia).

5. THE MODEL

Following Cárdenas, et al. (2015), a CGE model is composed of four (4) main sections:

1. Supply
2. Income distribution
3. Demand
4. Closures of the Model

5.1. Supply

The supply of the model describes the interaction between domestic and foreign producers, which create total supply of economy. This process involves next dual problems:

5.1.1. Demand Factors

The firms must minimize his cost subject a CES production function (Classic problem).

$$\min_{\{L, K, V\}} p_L L + p_K K + p_V V$$

$$DF = \theta_F \left(\pi_L L^{\frac{\sigma_F - 1}{\sigma_F}} + \pi_K K^{\frac{\sigma_F - 1}{\sigma_F}} + \pi_V V^{\frac{\sigma_F - 1}{\sigma_F}} \right)^{\frac{\sigma_F}{\sigma_F - 1}}$$

5.1.2. Demand of supply products

The firms must minimize their expenditure of both inputs (K,L) and intermediate goods from other firms, subject a CES production function.

$$\min_{\{L, CT\}} p_Y Y + p_{CTD} CTD$$

$$DSP = \theta_O \left(\pi_Y Y^{\frac{\sigma_O - 1}{\sigma_O}} + \pi_{CTD} CTD^{\frac{\sigma_O - 1}{\sigma_O}} \right)^{\frac{\sigma_O}{\sigma_O - 1}}$$

5.1.3. Aggregate problem

The firms must minimize their cost by combining domestic and foreign inputs, subject a CES production function.

$$\min_{\{DSP, M\}} p_O DSP + p_M M$$

$$ACT = \theta_A \left(\pi_O DSP^{\frac{\sigma_A - 1}{\sigma_A}} + \pi_M M^{\frac{\sigma_A - 1}{\sigma_A}} \right)^{\frac{\sigma_A}{\sigma_A - 1}}$$

5.1.4. Supply and distributions

The firms maximize their revenue by selling of their output to household, government and rest of world

$$\max_{\{C, I, G, X_N\}} p_C C + p_I I + p_G G + p_{X_T} \bar{X}_T + p_{X_{NT}} X_{NT}$$

$$DSP = \bar{X}_T + \theta_{FC} \left(\pi_C C^{\frac{\sigma_{FC} - 1}{\sigma_{FC}}} + \pi_I I^{\frac{\sigma_{FC} - 1}{\sigma_{FC}}} + \pi_G G^{\frac{\sigma_{FC} - 1}{\sigma_{FC}}} + \pi_{X_{NT}} X_{NT}^{\frac{\sigma_{FC} - 1}{\sigma_{FC}}} \right)^{\frac{\sigma_{FC}}{\sigma_{FC} - 1}}$$

5.2. Income

The income is distributed according to the contributions made in the production by the different types of agents: Government, Firms and Households. Thus, the distribution of the remunerations to each one of the agents are:

$$OCD_{SS} = \pi_{SS}^{OCD} OCD; \quad OCD_{SS} = \pi_{SS}^{OCD} OCD$$

$$EXE_{SS} = \pi_{SS}^{EXE} EXE; \quad EXE_{MR} = \pi_{MR}^{EXE} EXE$$

$$EXE_{GV} = \pi_{GV}^{EXE} EXE$$

5.2.1. Rents

The agents paid rents according their share in capital income.

$$R \equiv R^{SS} + R^{MR} + R^{GV} \equiv R_{SS} + R_{MR} + R_{GV} + F_K$$

5.2.2. Direct taxes

The agents paid taxes according with taxes policies of country

$$TX_{hh} = tx_{hh} \cdot Y_{SS} \quad ; \quad TX_{ac_{GV}} = tx_{ac_{GV}} \cdot Y_{GV}$$

$$TX_{ac_{MR}} = tx_{ac_{MR}} \cdot Y_{MR}$$

$$T = TX_{hh} + TX_{ac_{MR}} + TX_{ac_{GV}}$$

5.2.3. Transfers

The agents transfer social benefit, social contributions, product transfers and current transfers according to fixed proportion.

$$NT_{SS} = -\bar{S}C^{SS} + \bar{S}B + CT_{SS} + P\bar{T}_{SS}$$

$$NT_{MR} = SC_{MR}^{SS} - SB_{SS}^{MR} - \bar{C}T^{MR}$$

$$NT_{GV} = SC_{GV}^{SS} - SB_{SS}^{GV} + CT_{GV} - P\bar{T}^{GV}$$

$$NT_{RW} = -\bar{C}T_{RW}$$

5.3. Demand

Taking into account the supply and distribution of income, consumers, the government, firms and rest of world demand goods and services.

5.3.1. Domestic

Assuming Cobb-Douglas utility function for households consumers, the demands of output for (internal) economic agents are:

$$C = \alpha \frac{DY_{SS}}{p_C}$$

$$S_{SS} = DY_{SS} - p_C C$$

$$DY_{SS} = Y_{SS} + NT_{SS} - TX_{hh}$$

$$I_{SS} = \beta \cdot I_{PR}$$

$$I_{MR} = (1 - \beta) \cdot I_{PR}$$

$$S_{MR} = Y_{MR} + NT_{MR} - TX_{ac_{MR}}$$

$$G = \bar{G} \quad ; \quad I_{GV} = \bar{I}_{GV}$$

$$I = I_{PR} + I_{GV}$$

$$p_I = \theta_{FC} \pi_I \frac{p_{FC} FC - p_{X_T} \bar{X}_T}{(FC - \bar{X}_T)} \left[\frac{FC - \bar{X}_T}{\theta_{FC} (I_{PR} + \bar{I}_{GV})} \right]^{\frac{1}{\tau_{FC}}}$$

$$p_G = \theta_{FC} \pi_G \frac{p_{FC} FC - p_{X_T} \bar{X}_T}{(FC - \bar{X}_T)} \left[\frac{FC - \bar{X}_T}{\theta_{FC} \bar{G}} \right]^{\frac{1}{\tau_{FC}}}$$

$$S_{GV} = Y_{GV} + NY_{GV} + Tx + T - TX_{ac_{GV}} - p_G \bar{G}$$

$$Tx = TX_{va} + TX_{yy} + TR_{ff}$$

5.3.2. Foreign demand

The external demand to rest of world of non-traditional goods depend of CES function, while demand of traditional goods is given.

$$X_{NT} = \left(\theta_{\bar{M}^*} \cdot \pi_{COL} \frac{e \cdot \bar{p}_{\bar{M}^*}^*}{p_{X_{NT}}} \right)^{\sigma_{\bar{M}^*}^*} \frac{\bar{M}^*}{\theta_{\bar{M}^*}^*}$$

$$X = X_{NT} + \bar{X}_T$$

$$p_X = \frac{p_X \bar{X}_T + p_{X_{NT}} X_{NT}}{X}$$

$$p_{X_{NT}} = \left[\frac{\left(\theta_{\bar{M}^*} \cdot \pi_{COL} \cdot e \cdot \bar{p}_{\bar{M}^*}^* \right)^{\sigma_{\bar{M}^*}^*} \frac{\bar{M}^*}{\theta_{\bar{M}^*}^*}}{\left(\theta_{FC} \pi_{X_{NT}} \frac{p_{FC} FC - p_{X_T} \bar{X}_T}{(FC - \bar{X}_T)} \right)^{\tau_{FC}} \frac{FC - \bar{X}_T}{\theta_{FC} G}} \right]^{\frac{1}{\sigma_{\bar{M}^*}^* - \tau_{FC}}}$$

$$p_{X_T} = e \cdot p_{X_T}^*$$

5.4. Closure of the Model

Following to Cárdenas, et al. (2015), this model develops the closure of the model with both exchange rate and private investment as endogenous variables. This equation are:

5.4.1. Exchange rate

Obtained with the help of Wolfram online software, this equation is an aproximation to optimal exchange rate that allows estimate this variable for colombian economy

$$e = \left[\frac{\left(\left(\theta_{\bar{M}^*} \cdot \pi_{COL} \cdot \bar{p}_{\bar{M}^*}^* \right)^{\sigma_{\bar{M}^*}^*} \frac{\bar{M}^*}{\theta_{\bar{M}^*}^*} \right)^{\frac{1}{\sigma_{\bar{M}^*}^* - \tau_{FC}}}}{\left(\theta_{FC} \pi_{X_{NT}} \frac{p_{FC} FC - p_{X_T} \bar{X}_T}{(FC - \bar{X}_T)} \right)^{\tau_{FC}} \frac{FC - \bar{X}_T}{\theta_{FC} G}} \right]^a$$

$$a = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_{\bar{M}^*}^* (1 - \sigma_{\bar{M}^*}^*)}{(\sigma_{\bar{M}^*}^* - \tau_{FC})}}$$

5.4.2. Private Investment

$$IPR = \left[\frac{SV_{SS} + SV_{MR} + SV_{GV}}{p_I} - INGV \right]$$

5.4.3. Exogenous variables

This option allows to find a set of equilibrium prices and quantities, because the model would have the same number of equations as unknowns. The exogenous

variables for closure of model are consumption prices and external savings:

$$p_C = \bar{p}_C$$

$$\bar{S}_{RW} = \bar{S}_{RW}$$

6. RESULTS AND SIMULATIONS

6.1. Exchange rate

The results obtained show, for example, the optimal nominal exchange rate from Colombian are 1,480743 with initial level 1,0, which is derived from the functional form proposed.

6.2. Simulations

The simulations consist in changing values in one unit for 3 important exogenous variables for our small economy. These variables are:

- International Prices of Colombian Imports (PIMPS)
- International Prices for Colombian Traditional Exports (PTEXPS).
- Price of Imports of rest of world (PIMRW).

6.2.1. International Prices of Colombian Imports

Exogenous shocks in international price of colombian import show that there isn't linear (or inverse) relationship with the exchange rate, because little changes generate positive change in the rate. While, great changes shows a decrease in the exchange rate (see Figure 1).

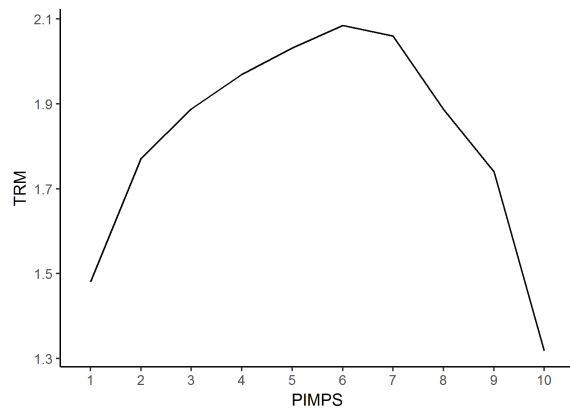


FIGURE 1. Simulations: International Prices of Colombian Imports

The break into graph shows since this point the consumers and producer reduced demand of

international currency, because they prefer demand more domestic output (or inputs) than foreign goods. But,

6.2.2. International Prices of Colombian Imports

Exogenous shocks in international prices for Colombian traditional exports shows that there is inverse relationship with the exchange rate, namely, great shocks in this variable impact negatively exchange rate (see Figure 2).

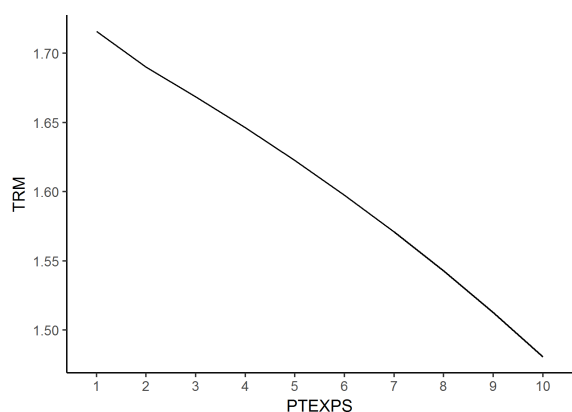


FIGURE 2. Simulations: International Prices for Colombian Traditional Exports

6.2.3. Price of Imports of rest of the world

Exogenous shocks in the price of imports of rest of the world shows that there is inverse relationship with the exchange rate, namely, great shocks in this variable impact negatively exchange rate (see Figure 3).

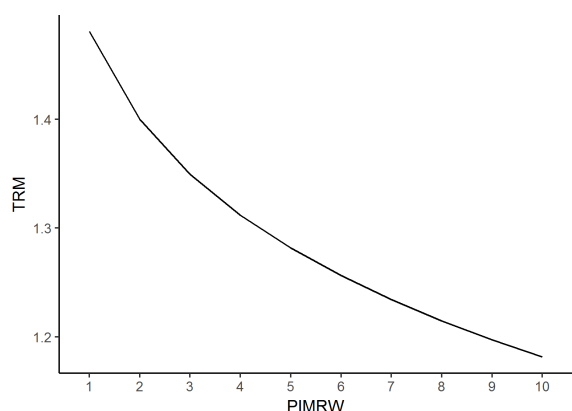


FIGURE 3. Simulations: Price of Imports of rest of the world

7. CONCLUSIONS

The CGE models allows to estimate scenarios with unexpected shocks on international trading, fiscal revenue, environmental policies. Thus, this type of models allows make comparative static between 2 scenarios the importance the International Prices in the economy. For example, little changes in this price affect significantly our current balance.

This working paper intent modelling a approximate optimal exchange rate and to show different scenarios for three exogenous variables. Although CGE model doesn't reach results close to reality, this model allows us to approximate the behaviour of the exchange rate before these scenarios.

Finally, an extended version would be included development in: different functional form from each production, such as Leontief utility function, Argminton constraint, rigidity prices and other elements.

8. ACKNOWLEDGES

The author acknowledges the contribution provided by Camilo Cárdenas, researcher from the Bank of the Republic of Colombia, who provided a significant contribution to the development of the document.

9. REFERENCES

1. Burfisher, M. (2011). Introduction to Computable General Equilibrium. Cambridges: Cambridges Press.
2. Cárdenas, C., & Velasco, A. (2015). A Macro CGE Model for the Colombian Economy. Borradores de Economía, 1-25.
3. Hosoe, N., Gasawa, K., & Hashimoto, H. (2010). Textbook of Computable General Equilibrium Modelling Programming and Simulations. New York: Palgrave Macmillan.
4. OECD. (1 de May de 2017). OECD Economic Surveys Colombia. Obtenido de OECD: <http://www.oecd.org/eco/surveys/Colombia-2017-OECD-economic-survey-overview.pdf>



**MINCOMERCIO
INDUSTRIA Y TURISMO**



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN