

**Innovación tecnológica y comercio internacional: un análisis para los países de la
Comunidad Andina de Naciones: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú**

Víctor Alexander Díaz España

Código: 201200290



Universidad del Valle

Facultad de Ciencias Sociales y Económicas

Maestría en Economía Aplicada

Santiago de Cali

2016

**Innovación tecnológica y comercio internacional: un análisis para los países de la
Comunidad Andina de Naciones: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú**

Víctor Alexander Díaz España

Código: 201200290

Tesis para optar por el título de Magister en Economía Aplicada

Leonardo Raffo López

Director



Universidad del Valle

Facultad de Ciencias Sociales y Económicas

Maestría en Economía Aplicada

Santiago de Cali

2016

Contenido

Resumen.....	4
1. Introducción.....	5
2. Estructura del comercio exterior de los países de la CAN.....	7
2.1. Producto Interno Bruto (PIB) per cápita.....	7
2.2. Exportaciones.....	9
2.3. Importaciones.....	12
3. El nexo entre la capacidad de innovación y el comercio internacional en América Latina.....	15
4. Revisión de la literatura.....	21
4.1. La innovación tecnológica en los países del sur.....	21
4.2. La innovación tecnológica en los países del norte.....	22
5. Innovación tecnológica y comercio internacional: análisis de la evidencia empírica.....	24
5.1. Modelo gravitacional de comercio.....	24
5.2. El modelo gravitacional y la innovación tecnológica.....	25
5.3. Medidas de las variables.....	26
5.3.1. Flujos bilaterales de comercio.....	26
5.3.2. Tamaño de las economías.....	27
5.3.3. Definiendo los costos de transporte.....	27
5.3.4. Capacidad de innovación.....	28
5.3.5. Tierra por trabajador.....	29
5.3.6. Variables dicotómicas.....	29
5.4. Modelo gravitacional de innovación tecnológica.....	30
5.5. Resultados de las estimaciones.....	31
5.6. Análisis de los supuestos de los modelos VAR.....	41
5.7. Análisis impulso respuesta.....	42
6. Conclusiones.....	43
Referencias bibliográficas.....	46
Anexos.....	50

Innovación tecnológica y comercio internacional: un análisis para los países de la Comunidad Andina de Naciones: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú

Víctor Alexander Díaz España¹
Estudiante de Maestría en Economía Aplicada

Resumen: El presente artículo estudia la importancia del progreso tecnológico en el comercio exterior de los países de la CAN: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Se emplea un modelo gravitacional con estructura de panel para estimar el impacto de la innovación tecnológica sobre los flujos comerciales con datos anuales para el periodo 1980-2013. En general, los resultados indican que la capacidad de innovación no ejerce un efecto positivo y significativo sobre los flujos bilaterales, y en contraste, se observa la existencia de complementariedad en el comercio entre los países andinos y sus socios comerciales a pesar de las diferencias tecnológicas entre ellos.

Palabras Clave: comercio internacional, capacidad de innovación, modelo gravitacional, investigación y desarrollo.

Clasificación JEL: F10, F12, O32, O33.

Abstract: this paper studies the relevance of technological progress in the external trade of the Andean countries: Bolivia, Colombia, Ecuador and Peru. With that purpose, I use a gravity model with panel structure to estimate the impact of technological innovation on trade flows with annual data for the period 1980-2013. The results indicate that innovativeness does not exert a significant positive effect on trade flows. In contrast, the results suggest that there are complementarities in trade between the Andean countries and their trading partners despite technological differences between them.

Keywords: international trade, capability_innovation, gravity model.

JEL Classification: F10, F12, O32, O33.

¹ Este artículo se presenta como trabajo de grado para obtener el título de Magister en Economía Aplicada de la Universidad del Valle. El autor agradece la asesoría y recomendaciones del profesor Leonardo Raffo López.

1. Introducción

La innovación tecnológica se define como la capacidad de los países para poner en práctica nuevas ideas mediante el desarrollo de nuevos productos y procesos que desempeñan un papel clave en el comercio internacional y en el desarrollo económico (Márquez y Martínez, 2010). Dicha capacidad se mide, de acuerdo con Castellaci y Natera (2013), a través de tres componentes: insumos de innovación (ej. Inversión en I+D), productos científicos (ej. Artículos científicos publicados) y productos tecnológicos (ej. Solicitudes de patentes).

El avance tecnológico ha ocasionado cambios significativos en el nivel de renta de los países y en el comercio mundial. La tecnología influye en el comercio a través de muchos factores destacándose dos vías: en primer lugar, el conocimiento tecnológico determina si una empresa exporta o abastece el mercado interno, y en segundo lugar, la innovación afecta los costos comerciales a través de los avances en logística, canales de información y telecomunicaciones.

La teoría económica considera el nivel de tecnología como un factor importante en los flujos comerciales de los países. En la obra de Ricardo (1821) se establece que dos regiones comercian entre si gracias a las diferencias tecnológicas entre ellos, mientras que en el trabajo de Harrigan (2001) se encuentra evidencia a favor de que las diferencias tecnológicas han demostrado ser una influencia importante en la especialización de los países. Por su parte, en el Informe Mundial de Comercio (2013) se concluye que el progreso tecnológico es el principal factor que explica el crecimiento de los ingresos en los siglos XIX y XX. Sin embargo, la relación entre tecnología y comercio no es clara para los países en desarrollo, lo cual motiva la presente investigación, pues varios estudios indican que algunos países emergentes han logrado un crecimiento exponencial en sus exportaciones sin cambiar la estructura tecnológica del comercio (Roca, 2000).

Cimoli, *et al* (2005) encuentran que gracias al proceso de apertura y a la poca capacidad de absorción tecnológica, América Latina ha llevado a cabo una serie de políticas industriales y comerciales llegando a especializarse en productos primarios y de baja tecnología. Este resultado se debe principalmente a que los países latinos no implementaron políticas que les permitieran desarrollar industrias con alto contenido tecnológico impulsando la transferencia de conocimiento a través de políticas de sustitución de importaciones. En este contexto, se hace necesaria la formulación de las

siguientes preguntas: ¿es el progreso tecnológico un factor determinante de los flujos comerciales de los países en desarrollo?, ¿constituye la innovación tecnológica un incentivo para que los países emergentes se especialicen en cierto tipo de exportaciones? A pesar de los procesos de especialización en los países subdesarrollados, la mayor parte de la literatura económica argumenta, tanto teórica como empíricamente, que la capacidad de innovación impacta de manera positiva los flujos comerciales entre países pues las diferencias tecnológicas determinan las ventajas comparativas, y éstas a su vez delimitan las estructuras de producción y por ende del comercio (Krugman, 1991; Krugman, 1998; Head y Mayer, 2004; Raffo, 2012).

La mayoría de las investigaciones económicas referentes al progreso tecnológico se centran en los efectos sobre el crecimiento económico. Sin embargo, debe considerarse que la capacidad de innovación puede afectar los flujos de comercio bilateral de los países. Por consiguiente, si se piensa que las medidas tecnológicas pueden tener consecuencias para el comercio, esta relación merece estudiarse desde el ámbito teórico y empírico de manera directa en los países emergentes.

En este artículo se estudian las relaciones comerciales de los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) con sus respectivos socios. El objetivo general de la investigación es estudiar el impacto de los procesos de innovación tecnológica en los flujos bilaterales de comercio de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Los objetivos específicos son: determinar cómo han incidido las inversiones en investigación y desarrollo de los países de la CAN en sus flujos comerciales; identificar otros factores que expliquen las relaciones comerciales de estos países; y avanzar en la discusión sobre el impacto de las variables tecnológicas en los países emergentes. La hipótesis de partida es que la capacidad de innovación tiene un efecto positivo sobre los flujos comerciales de los países de la CAN.

En este orden de ideas, el presente artículo se divide en 6 secciones de las cuales la primera es la presente introducción. En la segunda, se estudian las estructuras comerciales de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. En la tercera sección, se analiza la relación entre la capacidad de innovación y el comercio internacional. En la cuarta sección, se debaten los trabajos empíricos previos donde se analizan las investigaciones que estudian la capacidad de innovación en los países del sur y del norte. En la quinta sección, se

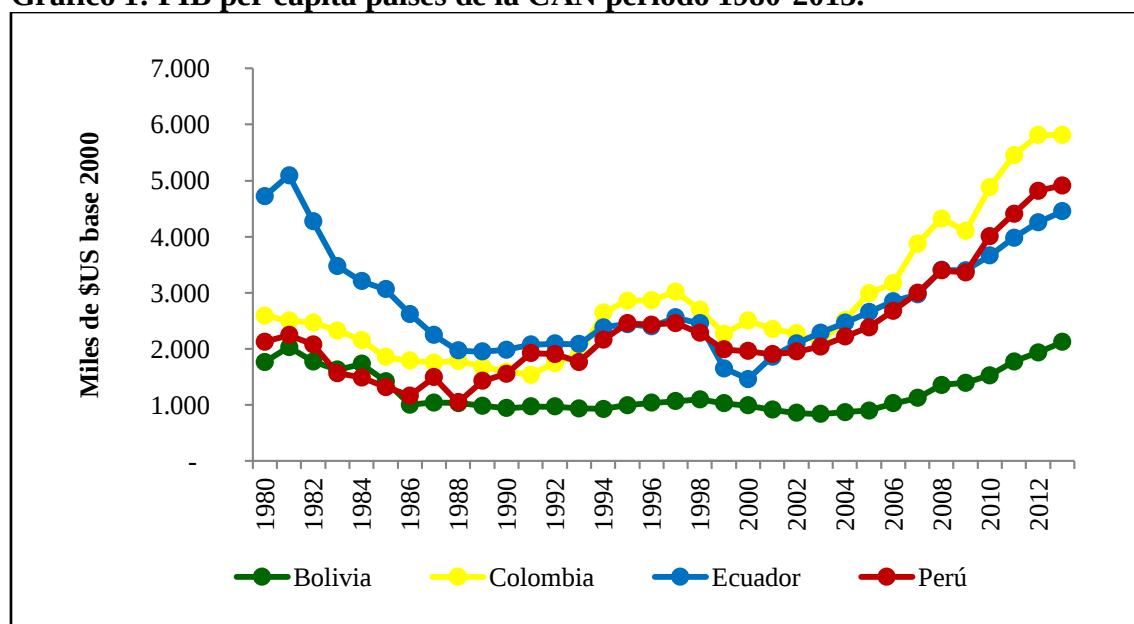
especifica el modelo empleado, se describen los datos y se presentan los principales resultados de las estimaciones para los países de la CAN. Por último, el artículo termina con una sección de conclusiones.

2. Estructura del comercio exterior de los países de la CAN

2.1. Producto Interno Bruto (PIB) per cápita

En el gráfico 1 se observa la producción per cápita en miles de dólares a precios constantes (año base 2000) de los países de la Comunidad Andina de Naciones. Se muestra que Colombia en los últimos años ha estado por encima de los niveles de ingreso de los demás países representando el 54% de la economía de la CAN alcanzando la cifra de \$5.854 dólares por persona en el año 2013. Iniciando la década de los 80, la economía ecuatoriana presentó un producto per cápita de \$4.724 dólares (año base 2000) por persona superando los niveles de sus socios de la CAN. En el caso de Bolivia, su nivel de ingreso per cápita disminuyó hasta el año 2003, cuando presentó su nivel más bajo, \$839 dólares por persona, para luego aumentar sostenidamente hasta el año 2013.

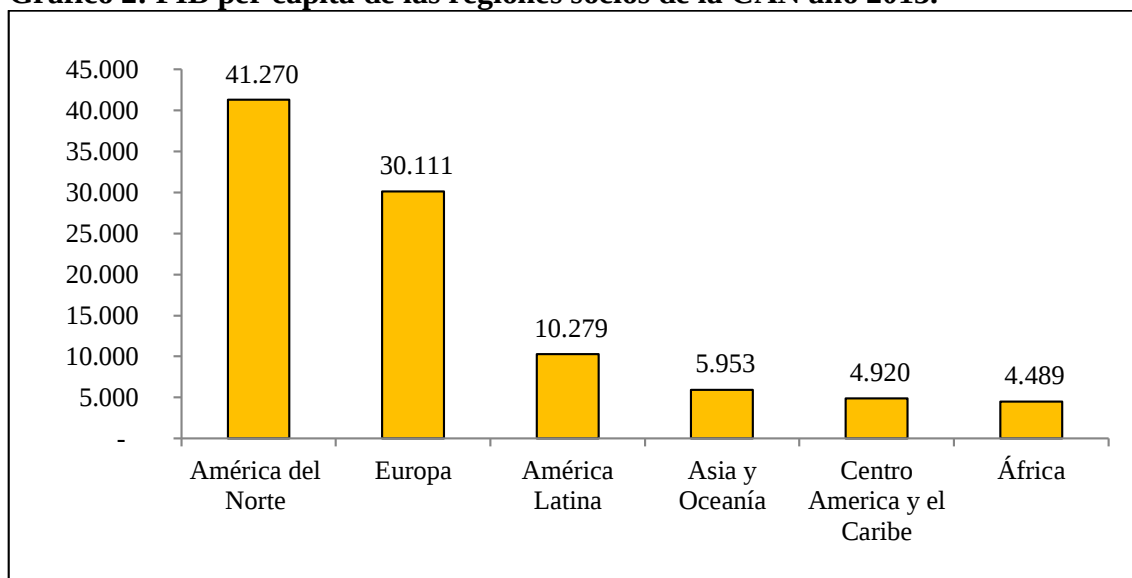
Gráfico 1: PIB per cápita países de la CAN periodo 1980-2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial.

En el gráfico 2 se observa el PIB per cápita en dólares constantes año base 2000 de las regiones continentales conformadas por los socios² de los países de la CAN. Se muestra que la región con más ingresos per cápita durante el año 2013 es la de América del Norte con \$41.270 dólares (año base 2000). En este grupo, se destacan las economías de Canadá (\$52.270) y Estados Unidos (\$51.778). Por su parte, Europa presenta un producto por persona de \$30.111 dólares (año base 2000) destacándose, para el año 2013, Noruega (\$103.586), Suiza (\$84.404) y Suecia (\$60.468). América latina alcanzó un PIB per cápita de \$10.279 dólares (año base 2000) en el año 2013 siendo Uruguay (\$16.884), Chile (\$15.703), Argentina (\$14.824) y Brasil (\$12.307) los más representativos. Por último, las regiones de Asia y Oceanía, Centro América y el Caribe y África mostraron un ingreso por persona de \$5.953, \$4.920 y \$4.489 dólares constantes (año base 2000) respectivamente. En estos grupos se destacan las economías de Australia (\$67.000), Singapur (\$55.850), Nueva Zelanda (\$41.710) y Japón (\$38.693) por el lado de Asia y Oceanía, Bahamas (22.343) y Trinidad y Tobago (20.324) en Centro América y el Caribe y Emiratos Árabes Unidos (\$41.428) y Libia (\$10.563) por el lado de África.

Gráfico 2: PIB per cápita de las regiones socios de la CAN año 2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial.

En este análisis se observa que Estados Unidos, la Unión Europea, Japón y China son socios importantes en la estructura comercial de la CAN, dado su nivel de ingresos que representa el 79% del PIB total de los socios de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Cómo se verá más adelante, estos países son intensivos en tecnología, lo que podría dar indicios

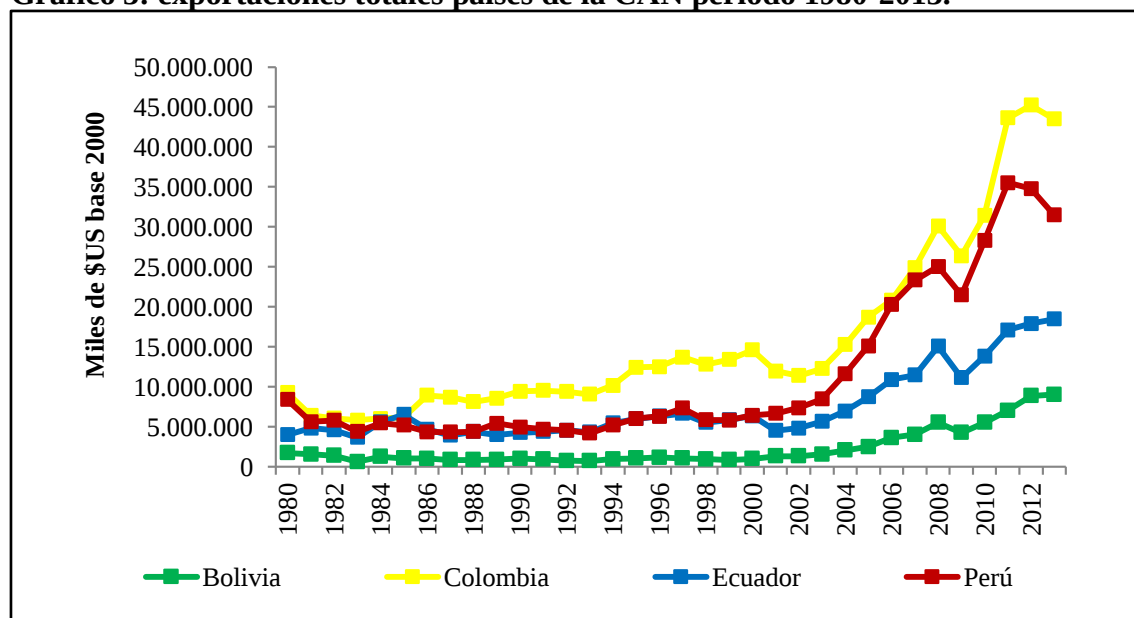
² En este trabajo se estudian las relaciones de los socios más representativos durante el periodo 1980-2013, ver anexo 2.

de constituir un incentivo importante para que las economías de la CAN se relacionen y complementen comercialmente con estas potencias, especializándose en productos de bajo contenido tecnológico.

2.2 Exportaciones

En el gráfico 3 se observa las exportaciones de los países de la CAN en miles de dólares constantes año base 2000 para el periodo 1980-2013. La economía colombiana presenta un volumen exportador mayor que el de sus pares en los años estudiados situándose en \$43.480 millones de dólares (año base 2000) en el último año. En el año 2006, Colombia y Perú alcanzaron la cifra de \$20.000 millones de dólares (año base 2000) en su flujo exportador representando el 74% de lo exportado por la CAN. Por su parte, Ecuador y Bolivia representaron, para el año 2013, el 18% y 9% de las exportaciones totales de la Comunidad Andina.

Gráfico 3: exportaciones totales países de la CAN periodo 1980-2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

De acuerdo con la clasificación tecnológica de Lall (2000)³, SITC, revisión 2, a 3 dígitos, en promedio, el 59% de las exportaciones de Bolivia son bienes primarios, el 32.5% son manufacturas basadas en recursos naturales, el 5% bienes de baja tecnología, el 1.5% mercancías de mediana tecnología y el 2% manufacturas de alta tecnología. Durante los

³ Ver anexo 1.

años 1980 y 2013 se puede inferir que el 91% de las exportaciones de Bolivia ha sido bienes primarios tales como gas natural, animales vivos, estaño y petróleo, y manufacturas basadas en recursos naturales como carnes y despojos comestibles, peces, crustáceos, moluscos y queso.

En la década de los 80 el 70.3% de las exportaciones de Colombia fueron productos primarios, el 14.5% manufacturas basadas en recursos naturales, el 9.5% mercancías de baja tecnología, el 5% bienes de mediana tecnología y el 0.7% productos de alto contenido tecnológico. Para los años noventa, los productos primarios tales como: el petróleo crudo (29.5%) el café (12.8%), el carbón (7.5%), los frutos frescos y secos (5.1%) y las materias primas de origen animal (4.9%) representaron el 59.7% del flujo exportador. Por su parte, para los bienes basados en recursos naturales los productos derivados del petróleo representaron el 3.7% del total de las exportaciones y la fabricación de azúcar y miel el 1.7%. Finalmente, para las manufacturas de baja, mediana y alta tecnología los productos con más participación en el total de las exportaciones colombianas fueron prendas de vestir (1.4%), fabricación de pinturas (2.8%) y productos médicos y farmacéuticos (2.5%) respectivamente.

Entre los periodos 2000-2009 y 2010-2013 Colombia aumentó su participación de bienes primarios pasando del 52.6% al 70.2%. En contraste, las manufacturas basadas en recursos naturales, las de baja, media y alta tecnología disminuyeron su aporte ubicándose en los últimos años con el 13.4%, 5.4%, 9.2% y 1.7% respectivamente, en el total de las exportaciones colombianas. En el periodo analizado se puede concluir que, en promedio, el 78.2% de lo exportado por Colombia son bienes primarios y manufacturas basadas en recursos naturales, mientras que los productos de mediana y alta tecnología representaron el 10% y el 1% respectivamente del flujo exportador.

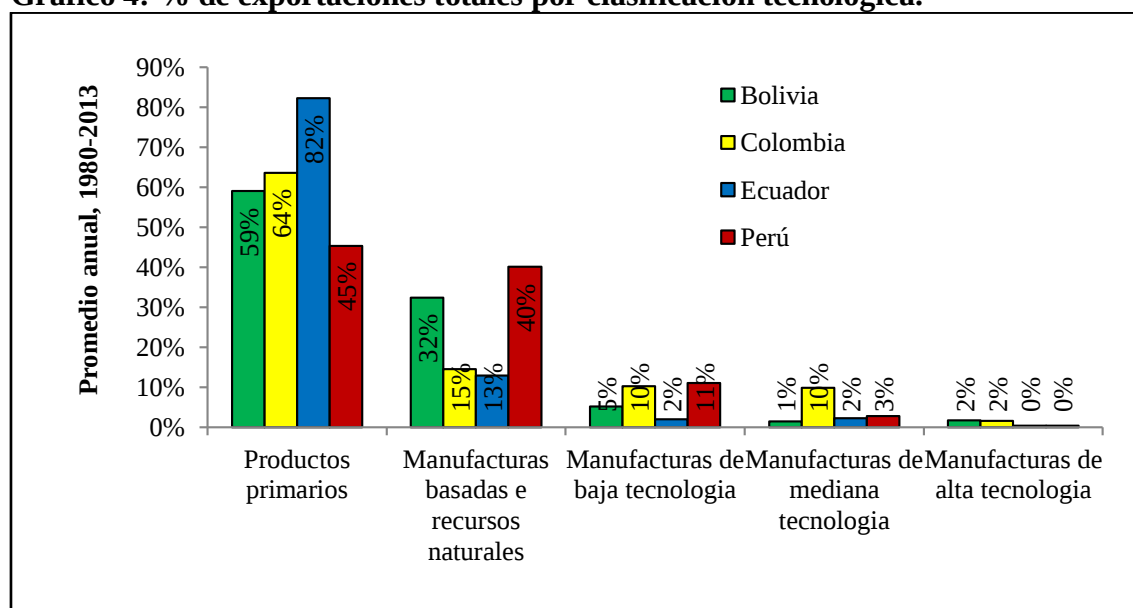
Durante el periodo 1980-2013, la economía ecuatoriana exportó en promedio \$5.734 millones de dólares en productos primarios representando el 82% del total de las exportaciones. En la década de los 80, estos bienes representaban el 87% del total exportado para luego disminuir su participación en 3 puntos porcentuales entre los años 1990 y 1999. Para los primeros 10 años del siglo XXI, las exportaciones primarias alcanzaron el 77% siendo el petróleo crudo y los frutos frescos y secos el 46% y 15% respectivamente, del total exportado. En los últimos 4 años del periodo analizado, las

exportaciones primarias alcanzaron el 80% ratificando al petróleo crudo (55%) como el principal producto de exportación.

Por su parte, los productos basados en recursos naturales alcanzaron el 13.6% destacándose los peces, crustáceos y moluscos preparados con el 6% y productos derivados del petróleo con el 2% del total de las exportaciones ecuatorianas. Las manufacturas de baja y mediana tecnología alcanzaron el 2.3% y el 3.3% respectivamente de las exportaciones en los últimos años del periodo, siendo los equipos domésticos de metales comunes (0.5%) y los productos de polimerización (0.4%) los más destacados. Por último, los bienes de alto contenido tecnológico representaron el 0.3%, siendo la producción de las aeronaves y sus partes (0.2%) la de más participación en el total exportado.

En promedio, durante el periodo 1980-2013 el 45.4% de las exportaciones de Perú son bienes primarios, el 40.1% son productos basados en recursos naturales, el 11.2% son manufacturas de baja tecnología, el 2.9% son de mediana tecnología y el 0.4% son mercancías con alto contenido tecnológico. Cabe resaltar, que Perú ha aumentado las exportaciones de productos basados en recursos naturales, pues durante la década de los 80 estos representaban el 37%, aumentando en 4.5 puntos porcentuales en los primeros 10 años del siglo XXI, y en los últimos años su participación ha aumentado hasta el 53%.

Gráfico 4: % de exportaciones totales por clasificación tecnológica.



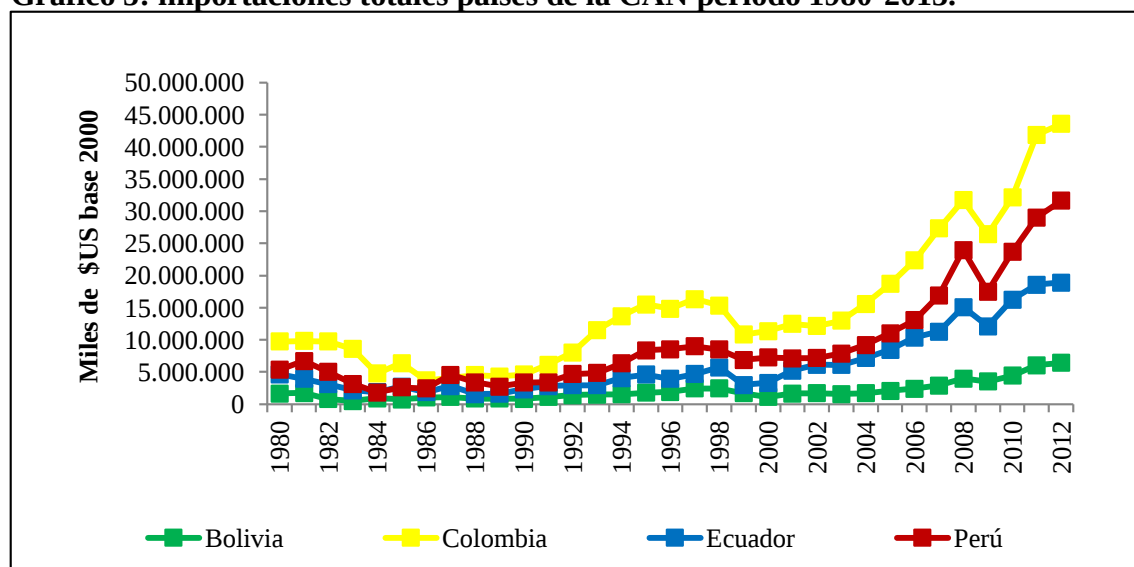
Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

En el gráfico 4 se observa la participación promedio anual por clasificación tecnológica de las exportaciones de los países de la CAN para el periodo 1980-2013. Se muestra que el país más especializado en bienes primarios es Ecuador con el 82%, seguido de Colombia (64%), Bolivia (59%) y Perú (45%). Las economías de Perú y Bolivia son las de mayor participación en mercancías basadas en recursos naturales, mientras que el país de mayor proporción en manufacturas de mediana tecnología es Colombia. Para concluir, el análisis de las exportaciones de la Comunidad Andina de Naciones provee evidencia a favor de la especialización productiva en aquellos productos intensivos en recursos naturales ya que el progreso tecnológico de sus principales socios comerciales (Estados Unidos, China y Unión Europea) constituye un incentivo para exportar este tipo de bienes.

2.3 Importaciones

En el gráfico 5 se observa las importaciones de los países de la CAN en miles de dólares constantes año base 2000 para el periodo 1980-2013. La economía colombiana presenta el mayor volumen de importación situándose en \$43.894 millones de dólares (año base 2000) en el último año teniendo una participación del 43% del total importado. En el año 1986, Perú y Ecuador alcanzaron la cifra de \$2.000 millones dólares (año base 2000) en su flujo importador representando el 48% de lo importado por la CAN. Por su parte, Bolivia representa, para el año 2013, el 7% de las importaciones totales de la Comunidad Andina importando \$8.473 millones de dólares (año base 2000).

Gráfico 5: importaciones totales países de la CAN periodo 1980-2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

De acuerdo a la clasificación tecnológica de Lall (2000), Bolivia ha disminuido su proporción de importaciones de bienes primarios pasando del 12.5% en la década de los 80 a 3.8% entre los años 2010 y 2013. Las mercancías basadas en recursos naturales y de baja tecnología aumentaron en 9.9 y 2.6 puntos porcentuales respectivamente entre los periodos 1980-1989 y 2010-2013. Las manufacturas de mediana tecnología son las de mayor participación en las importaciones bolivianas con un promedio anual del 46%. Entre los productos más representativos se encuentran: vehículos de pasajeros (excluyendo autobuses) con el 5.4% del flujo importador, ingeniería civil y equipos con el 4.7%, equipos de calefacción y refrigeración y sus partes 4.5% y camiones de carga con el 4%. Por otro lado, en las importaciones con alto contenido tecnológico, que en promedio representan el 10% del total, se destacan: productos médicos y farmacéuticos, instrumentos de medida, control y análisis y maquinaria y aparatos eléctricos. Por último, el análisis para Bolivia permite inferir que el 79% de las importaciones son bienes intensivos en tecnología, y que un 21% son mercancías intensivas en recursos naturales.

Entre el periodo 1980-1989 y los últimos 4 años de estudio, la economía colombiana disminuyó la importación de bienes primarios en 4.7 puntos porcentuales (pp), las manufacturas basadas en recursos naturales se redujeron en 0.7 pp y los productos de mediana tecnología lo hicieron en 7.2 pp. Por el contrario, las mercancías de baja tecnología representaron el 13.8% en los últimos años siendo las placas de hierro y acero con el 1.3% y las barras de hierro y acero con el 1.2% los productos de importación más destacados. Los bienes con alto contenido tecnológico aumentaron su participación en 8 pp resaltándose los productos médicos y farmacéuticos (5%), las aeronaves y sus partes (4%) y las máquinas de procesamiento de datos automáticos (3%).

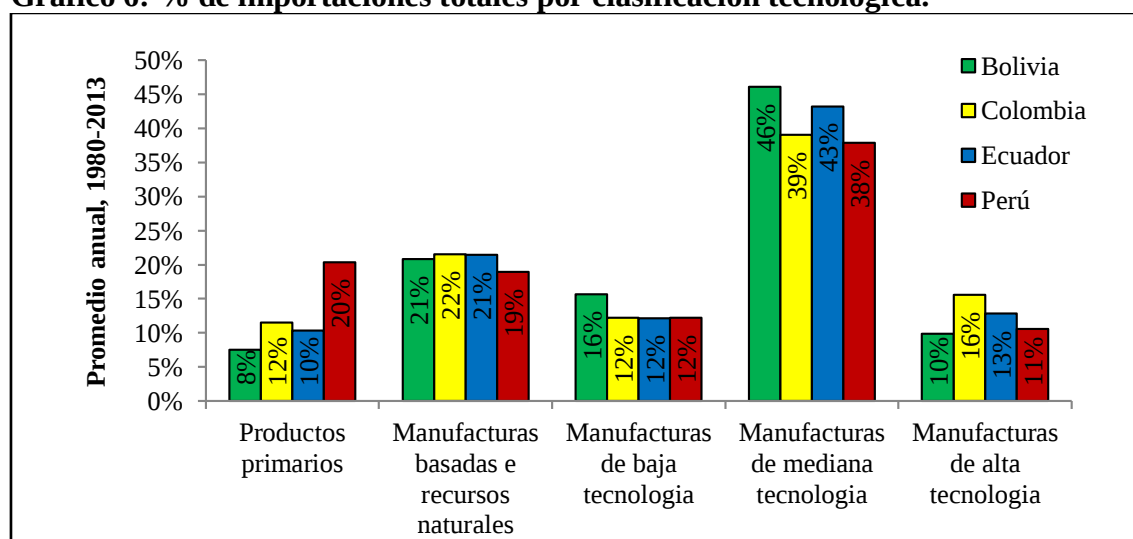
A lo largo del periodo 1980-2013, Ecuador mantiene su proporción de importación en los productos primarios en un 10%, mientras que la participación de las manufacturas basadas en recursos naturales aumentó un 70%, situándose durante los últimos años en un 30.5% del total de las importaciones. Por su parte, las mercancías de baja tecnología oscilaron alrededor del 12% y, entre los productos importados más representativos se encuentran: placas de hierro y acero con el 2% y los artículos de materiales plásticos con el 1% del flujo importador. Los bienes de mediana tecnología representaron el 48.2% de las importaciones en la década de los 80, para los 10 primeros años del nuevo milenio la participación cayó al 40.9% y para los últimos años de análisis la proporción se redujo al 35%. Entre los años 1980 y 2013 las importaciones con alto contenido tecnológico

pasaron de \$293 a \$3.370 millones de dólares (año base 2000) representando el 13.5% del total importado en el último año.

La economía peruana pasó de importar, en productos de baja tecnología, \$216 millones de dólares (año base 2000) en 1980 a \$5.915 en el año 2013, representando el 15% en el último año. Los productos de mayor volumen son: las placas de hierro y acero (1.4%), barras de hierro y acero (1.3%) y juguetes y aparatos deportivos para niños (1%). Las manufacturas de mediana tecnología han representado el 38.1% del total de las importaciones para el periodo 1980-2013, llegando a comprar \$15.017 millones de dólares (año base 2000) durante el último año, donde los productos con mayor participación son: vehículos de pasajeros (excluyendo autobuses) con el 4.5%, camiones de carga con el 4.3%, productos de polimerización con el 3.5% e ingeniería civil y equipos con el 3%. Por último, los bienes con alto contenido tecnológico pasaron de \$209 millones en el año 1980 a \$4.131 millones de dólares (año base 2000) en el año 2013 representando el 10.5% de las importaciones.

Para concluir, el gráfico 6 muestra la participación de las importaciones discriminadas por tipo de intensidad tecnológica. Se observa que la mayor proporción del flujo importador se encuentra en las manufacturas de mediana tecnología y en los productos basados en recursos naturales. Por otro lado, los bienes con contenido tecnológico representan el 71% para Bolivia, el 66% para Colombia, el 69% para Ecuador y el 61% para Perú, proporción bastante superior a las exportaciones en donde alcanzaban un promedio del 20%.

Gráfico 6: % de importaciones totales por clasificación tecnológica.



Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

El análisis del PIB, las exportaciones e importaciones de los países que conforman la Comunidad Andina de Naciones deja dos conclusiones importantes: en primer lugar los principales socios comerciales, Estados Unidos, Unión Europea y China, pertenecen a las regiones con mayor nivel ingresos, lo que implica un aumento en la demanda de bienes primarios y productos basados en recursos naturales que termina siendo un incentivo para que Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú se especialicen en ese tipo de bienes. En segundo lugar, Las importaciones con contenido tecnológico representan más del 50% del flujo importador de la CAN por lo que hay evidencia a favor del complemento comercial que tienen los países en desarrollo con los países con mayor contenido tecnológico.

3. El nexo entre la capacidad de innovación y el comercio internacional en América Latina

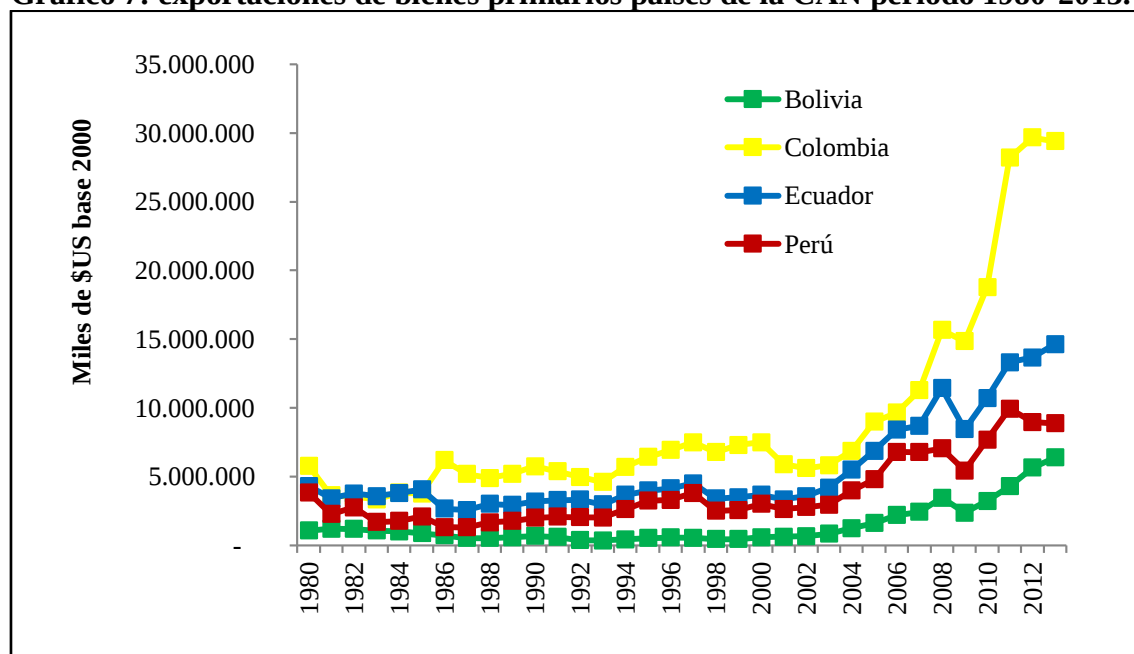
Después de la segunda guerra mundial se creó la necesidad de emprender políticas que incentivaran la producción de bienes con mayor contenido tecnológico, ya que las economías del norte no podían abastecer la demanda de los países del sur⁴. Por consiguiente, la industrialización por sustitución de importaciones (ISI) tuvo lugar en América Latina hasta finales de la década de los 70, en donde el estado intervenía en el sistema económico como proveedor del conocimiento. Durante la fase de ISI predominó un modelo de políticas tecnológicas basado en abastecer los mercados locales con productos de contenido tecnológico (Alcorta y Peres, 1997).

Posteriormente, el proceso de liberalización comercial en América Latina influyó en las políticas de innovación tecnológica. Los cambios estructurales tuvieron lugar en un contexto en donde el sector industrial actuaba como el principal demandante en la esfera de la ciencia y la tecnología (Cimoli y Primi, 2004). La apertura económica incentivó a la especialización en productos primarios y en bienes basados en recursos naturales creando una dependencia en la estructura exterior de los países que los dejó vulnerables a los ciclos económicos, debido a la concentración de las exportaciones, en una limitada cantidad de productos.

⁴ A los países desarrollados se les suele denominar con el nombre de Norte y a las economías emergentes con el nombre de Sur (Informe Mundial de Comercio, 2013).

En el gráfico 7 se observa las exportaciones de bienes primarios de los países de la Comunidad Andina de Naciones. Se muestra cómo la liberalización económica de los años 90 aumentó levemente las exportaciones primarias, sin embargo es en el siglo XXI en donde el flujo exportador de los productos primarios aumenta considerablemente debido a la concentración de la producción en este tipo de bienes, en donde Colombia participa con el 50% del flujo exportador de la CAN, Ecuador representa el 25%, Perú el 15% y Bolivia el 10%.

Gráfico 7: exportaciones de bienes primarios países de la CAN periodo 1980-2013.



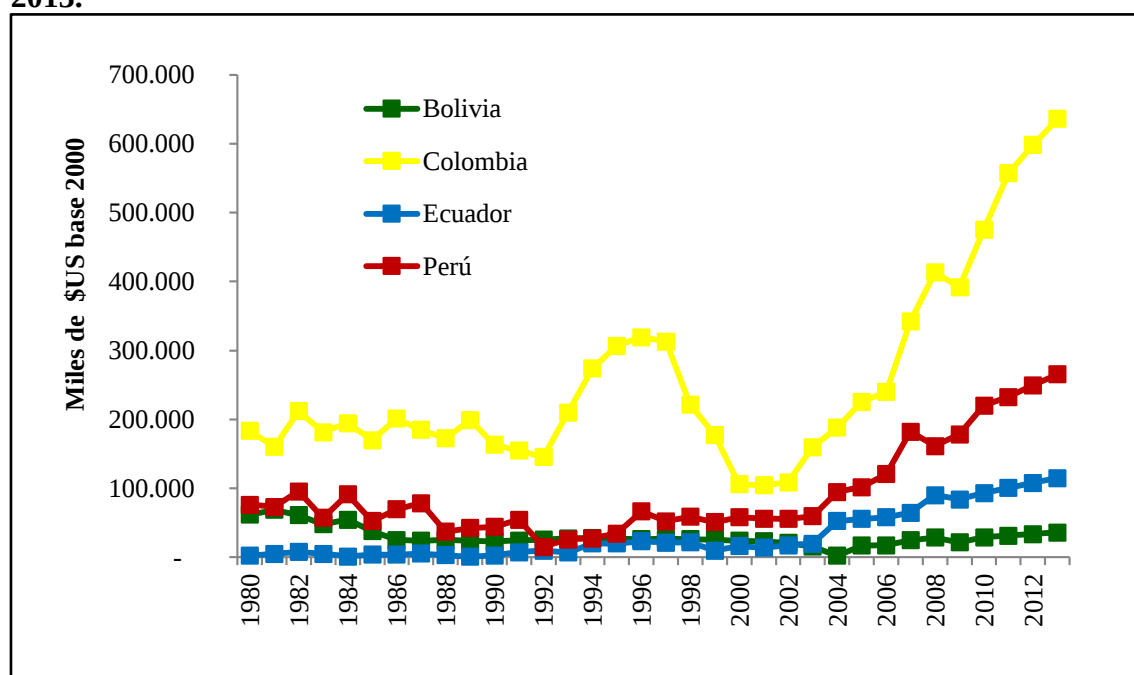
Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Dada la complementariedad entre ventajas comparativas y tecnologías que se reflejan en un modelo de globalización tecnológico, las reformas comerciales por sí solas no son suficientes. Lederman y Maloney (2003) concluyen que la apertura comercial se queda corta a la hora de ayudar a América Latina a alcanzar los niveles de desarrollo exterior de los países del norte. Por el contrario, los países en desarrollo deberán realizar esfuerzos adicionales en investigación y desarrollo, incentivar el conocimiento científico a través de las publicaciones académicas, e impulsar la ciencia y la tecnología por medio de las solicitudes de patentes, los cuales son fundamentales para impulsar el progreso tecnológico (Castellaci y Natera, 2013).

En el gráfico 8 se muestra la inversión en investigación y desarrollo en miles de dólares constantes año base 2000 de los países de la CAN. Se observa que la mayor inversión en el periodo 1980-2013 la realizó Colombia alcanzando la cifra de \$636 millones de dólares

(año base 2000) en el último año. Por su parte, la economía boliviana inició la década de los 80 con una inversión en investigación y desarrollo de \$62 millones de dólares y finalizó en el año 2013 con un gasto en I+D de \$36 millones de dólares (año base 2000) disminuyendo un 72% en el periodo estudiado. Ecuador realizó una inversión de \$115 millones de dólares representando el 11% de la inversión total en I+D de la Comunidad Andina de Naciones para el año 2013. Por último, la economía peruana empezó invirtiendo \$76 millones de dólares en el año 1980, luego disminuyó un 80% su gasto en I+D situándose en \$15 millones de dólares (año base 2000) en el año 1992 y, finalmente alcanzó la cifra en el año 2013 de \$265 millones de dólares representando el 25% del gasto total en investigación y desarrollo de la CAN.

Gráfico 8: Inversión en investigación y desarrollo países de la CAN periodo 1980-2013.

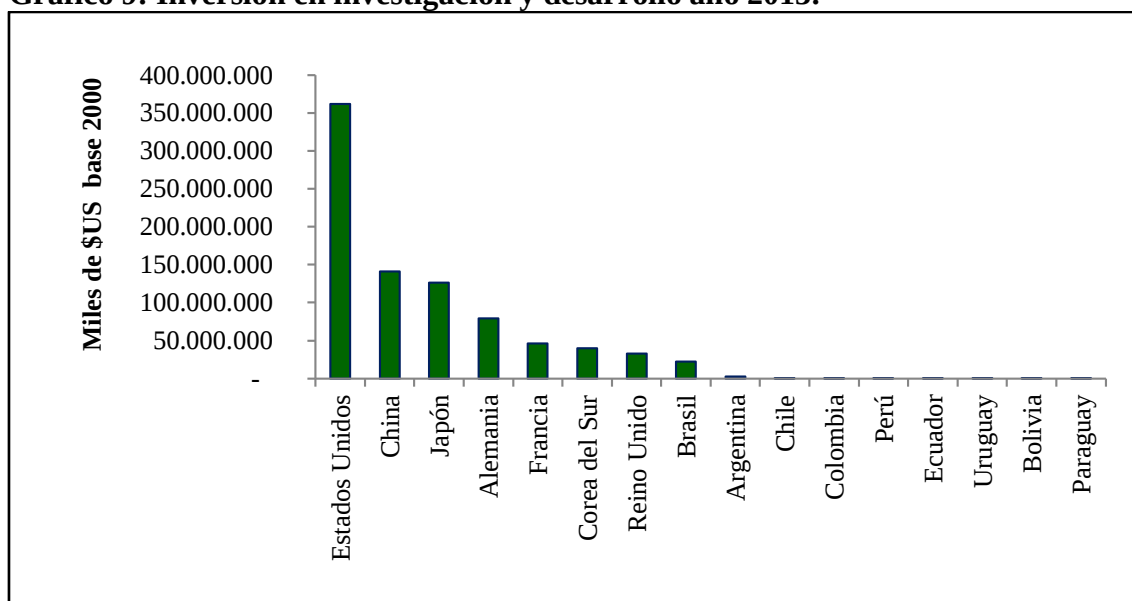


Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial y de la OCDE.

Por su parte, en el gráfico 9 se observa la inversión en investigación y desarrollo (I+D) para los países de la CAN, sus principales socios comerciales y algunas economías de Suramérica. Se evidencia un rezago en la inversión de I+D para la Comunidad Andina encontrándose muy por debajo de países como Brasil, Corea del Sur y China. La inversión de Colombia para el año 2013 fue de \$636 millones de dólares (año base 2000), mientras que su principal socio comercial, Estados Unidos, presentó un gasto de \$361.379 millones

de dólares. Por su parte, Bolivia muestra una inversión en I+D de \$36 millones de dólares (año base 2000) superando solo a su par de Paraguay.

Gráfico 9: Inversión en investigación y desarrollo año 2013.



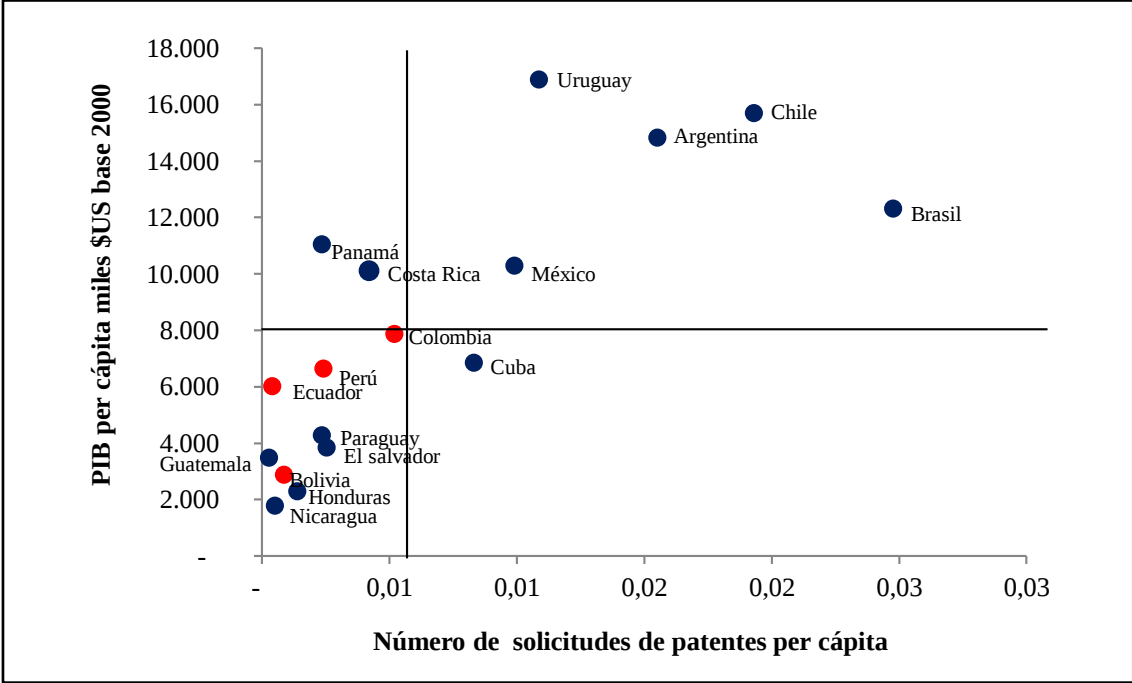
Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial y de la OCDE.

Por otro lado, en el gráfico 10 se muestra la relación entre PIB per cápita y solicitudes de patentes por persona para los países Latinoamericanos. En general, se observa una relación directamente proporcional entre las dos variables, dando evidencia a favor de la hipótesis de que el progreso tecnológico se relaciona positivamente con el nivel de desarrollo. Los países de la CAN se encuentran en el cuadrante III, en donde se tiene un producto per cápita por debajo del promedio de la muestra de países y un número de solicitudes de patentes inferior a la media latinoamericana. La relación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú no es clara, por ejemplo Ecuador y Bolivia presentan igual cantidad de solicitudes de patentes durante el periodo estudiado, sin embargo la diferencia en los niveles de renta es más del triple entre los dos países.

El análisis de los artículos publicados por trabajador se muestra en el gráfico 11. Se observa que los países de la CAN se encuentran entre las últimas barras en donde Estados Unidos, el principal socio de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú tiene un promedio anual de 141 artículos publicados, seguido de China con 20, Brasil con 12, Francia con 8, Alemania con 3.6, Corea del Sur con 2.8, Reino Unido 2.5 y Japón con 1. Por su parte, Colombia presenta un promedio de 0.12 publicaciones por trabajador, Perú de 0.01, Ecuador de 0.007 y Bolivia de 0.004. Se muestra que las investigaciones en física,

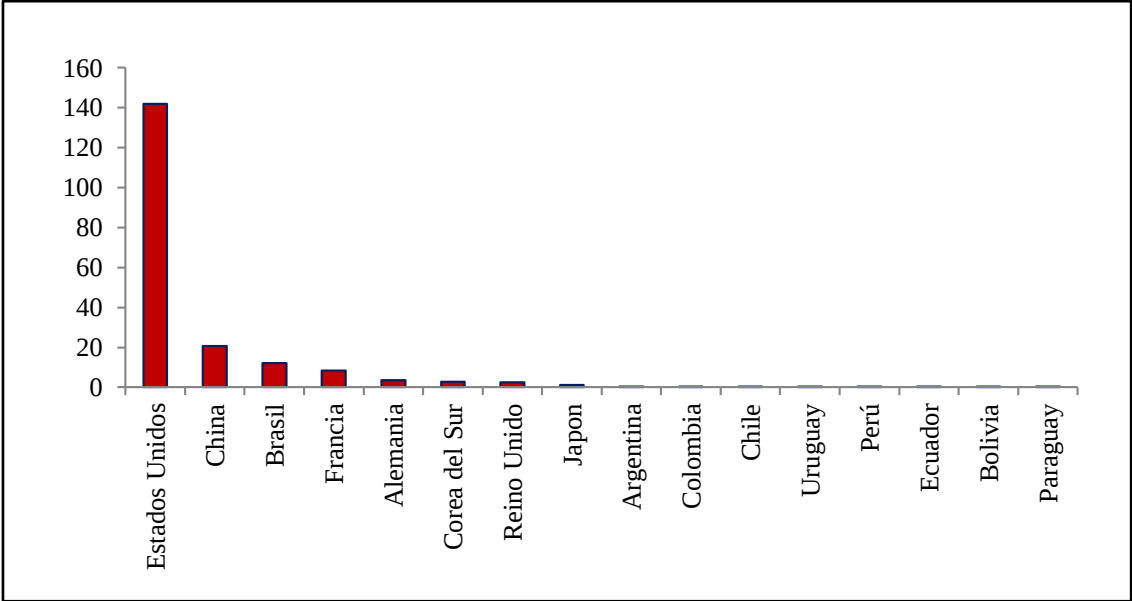
biología, química, matemática, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, y ciencias de la tierra y el espacio (que son las líneas que mide el gráfico 11 con base a los datos del Banco Mundial) no son significativas para la Comunidad Andina, y por el contrario para sus principales socios comerciales juegan un papel importante en su sistema económico.

Gráfico 10: solicitudes de patentes Vs PIB per cápita Latinoamérica año 2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial.

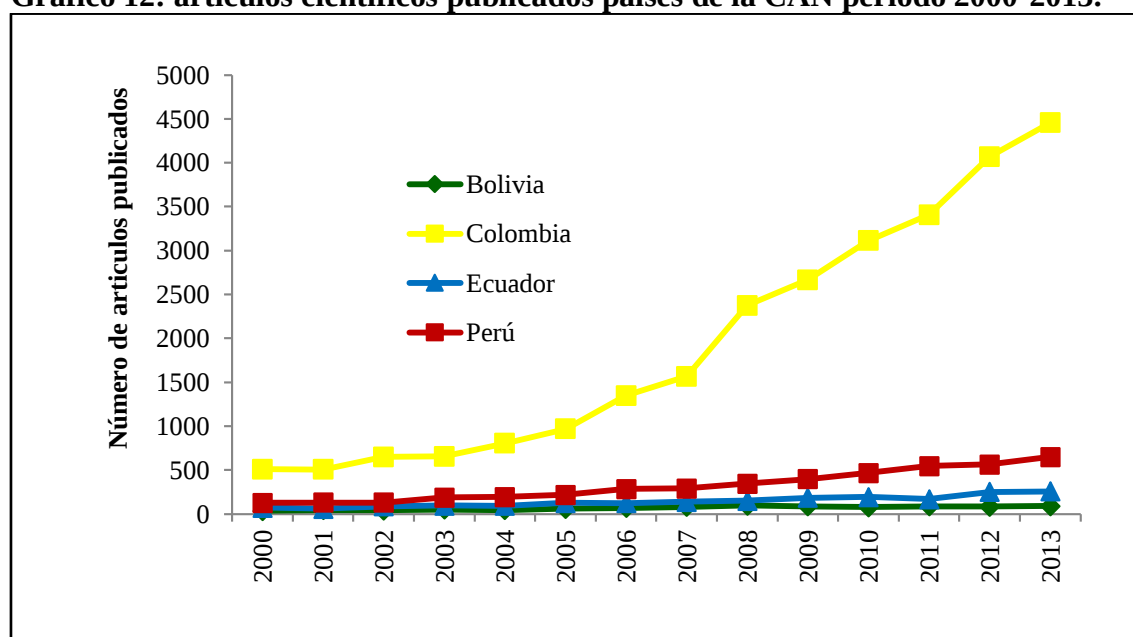
Grafico 11: artículos científicos publicados por trabajador promedio 1980-2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial.

Por último, en el gráfico 12 se muestra el número de artículos publicados de los países de la CAN para el periodo 2000-2013. Se observa que el número de artículos publicados en Colombia aumentó durante el periodo estudiado pasando de 510 publicaciones para el año 2000 a 4.455 estudios en revistas indexadas de carácter científico en el año 2013. Por su parte, Perú publicó 338 artículos en promedio anual representando, en el último año el 12% del total de los países de la Comunidad Andina de Naciones. Ecuador y Bolivia se encuentran muy por debajo de sus socios de la CAN, la economía ecuatoriana publicó en promedio 142 artículos, mientras que su par boliviano presentó 67 investigaciones, representando en el año 2013 el 5% y 2% del total de la Comunidad Andina respectivamente.

Gráfico 12: artículos científicos publicados países de la CAN periodo 2000-2013.



Fuente: cálculos propios con base en datos del Banco Mundial.

El nexo entre la capacidad de innovación (medida por la inversión en I+D, el número de solicitudes de patentes y la cantidad de artículos científicos publicados) y el comercio internacional en América Latina muestra una débil relación para los países de la CAN, ya que sus procesos de innovación no son significativos en términos relativos con algunos países con niveles de renta altos como es el caso de Estados Unidos, China, Alemania y Japón. Por tanto, la Comunidad Andina de Naciones se concentró en producir bienes primarios, mientras que sus principales socios comerciales exportan manufacturas con alto contenido tecnológico con base en sus sistemas de innovación tecnológica.

4. Revisión de la literatura

Se pueden distinguir 2 conjuntos de trabajos diferentes en la materia. En primer lugar, aquellos que analizan la innovación tecnológica de los países del sur y, en segundo lugar, los que estudian el progreso tecnológico de los países del norte. A partir de los anteriores enfoques, se han planteado las preguntas centrales en la investigación: ¿es el progreso tecnológico un factor determinante en los flujos comerciales de los países en desarrollo?, ¿genera la innovación tecnológica incentivos para que los países emergentes se especialicen en ciertos tipos de exportaciones?

4.1. La innovación tecnológica en los países del sur

Los trabajos que se discuten a continuación son algunos de los estudios que avanzan sustancialmente en analizar los impactos del progreso tecnológico en los países en desarrollo. En particular, las investigaciones de Roca (2000), Ortiz (2009), Oura, Silver y Lopes (2016) y Castellaci y Natera (2016) evidencian que los procesos de innovación tecnológica, en los países del sur, se deben potencializar para obtener resultados significativos sobre el crecimiento económico.

Roca (2000) analiza las características tecnológicas de los bienes que compra y vende la economía peruana. Con datos sobre exportaciones e importaciones de UNCOMTRADE entre los años 1978 y 2008, el autor demuestra que cerca del 80% de las mercancías exportadas son productos primarios o manufacturas basadas en recursos naturales. Por el contrario, el 60% de sus importaciones son de baja, mediana y alta tecnología. Para aumentar las ventas de contenido tecnológico, Perú debe lograr que su sistema económico priorice la creación de valor, expanda el conocimiento y aumente la productividad industrial.

Años más tarde, Ortiz (2009) concluye que el cambio de tendencia del crecimiento económico colombiano se debe al cambio estructural que experimentó el país en los 80 debido a varios factores entre ellos la desindustrialización y la pérdida de autonomía tecnológica. Con regresiones de crecimiento para el periodo 1925-2005 se concluye que el estancamiento en la diversificación económica, el desarrollo infraestructural, la pérdida de externalidades tecnológicas y la tasa de secuestros explican la disminución del crecimiento de largo plazo. Este trabajo demuestra que la estructura productiva de la

economía colombiana no se encuentra diversificada y, por tanto, la pérdida sostenida de autonomía tecnológica ligada al poco aprovechamiento de las externalidades del progreso tecnológico contribuye a la desaceleración económica.

Por su parte, Oura, *et al* (2016) encuentran que la capacidad de innovación tecnológica no impacta de manera significativa el desempeño exportador de las empresas brasileñas. Para una muestra de 112 pequeñas y medianas empresas (PYME) exportadoras, mediante ecuaciones estructurales, se concluye que son las experiencias internacionales de las industrias, medidas por la experiencia del personal, los años que lleva la empresa exportando y la destreza de la PYME en negociaciones internacionales, lo que aumenta las exportaciones.

Castellaci y Natera (2016) estudian el desarrollo económico de largo plazo para 18 países de América Latina durante el periodo 1970-2010. Con modelos de corrección de error (VEC) se analiza la relación entre la apertura comercial, la estructura productiva y la capacidad de innovación con el nivel de renta de las economías latinoamericanas. Para los países de la CAN, los resultados indican que la liberalización del comercio tiene un impacto positivo sobre los ingresos en las economías de Perú y Ecuador, dada la concentración en la producción de manufacturas basadas en recursos naturales y de bienes primarios respectivamente. El impacto de la estructura productiva sobre el PIB per cápita es positivo y significativo para Colombia, siendo su economía especializada en manufacturas basadas en recursos naturales. Por último, la innovación tecnológica no incrementa significativamente el nivel de renta de los países de la CAN ya que su especialización productiva no lo permite.

En síntesis, estos trabajos permiten avanzar en varias cuestiones fundamentales: 1) Los procesos de innovación tecnológica se deben fortalecer en los países latinoamericanos y así lograr diversificar su estructura productiva y 2) la pérdida de externalidades tecnológicas ha conllevado a las economías de América Latina a direccionar su producción hacia bienes primarios y manufacturas basadas en recursos naturales.

4.2. La innovación tecnológica en los países del norte

Se han desarrollado una serie de trabajos interesantes que estudian la innovación tecnológica en los países desarrollados pero, al igual que en la sección anterior, se

expondrán algunos de ellos. En particular, los trabajos de Coe y Helpman (1993), Coe, Helpman and Hoffmaister (1995), Picci (2010) y Montobbio y Sterzi, (2011) encuentran que los procesos de innovación tecnológica de los países industrializados inciden en la innovación tecnológica de sus socios comerciales como una externalidad positiva.

Coe y Helpman (1993) evalúan la relación entre la productividad total de los factores (trabajo y capital) y la I+D doméstica y extranjera en una muestra de 22 países comprendida entre 1979 y 1990. Los autores encuentran, con técnicas de cointegración para una muestra de 440 observaciones, que la inversión en I+D en los países industrializados tiene un efecto positivo en los procesos de investigación y desarrollo y en la productividad de los factores de sus socios comerciales.

Por su parte, Coe, *et al* (1995) estudian las externalidades de la I+D de las economías desarrolladas en sus socios comerciales para el periodo 1971-1990 en una muestra de 77 países. Usando mínimos cuadrados ponderados, los autores encuentran que las inversiones de I+D de un país del norte pueden aumentar la productividad de los países del sur mediante la importación de bienes de capital que incluyan conocimiento, el cual incentivará a la producción de manufacturas de contenido tecnológico. Años más tarde, Picci (2010) analiza la globalización de las actividades inventivas para la Unión europea entre los años 1990 y 2004. Usando un modelo gravitacional, el autor encuentra que entre más similitudes compartan los socios comerciales, mayor transferencia de conocimiento habrá para ambos países. Por tanto, las estimaciones sugieren que la frontera y el lenguaje común tienen un impacto positivo en la internacionalización de las actividades inventivas y, por el contrario, la distancia geográfica constituirá un obstáculo al intercambio tecnológico.

Los efectos de las actividades de I+D de los países industrializados en la capacidad de innovación de las economías latinoamericanas es estudiada por Montobbio y Sterzi, (2011). Mediante técnicas de panel, estáticas y dinámicas, los autores encuentran que la difusión internacional de conocimientos de los países del G-5 (Alemania, Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido) es un determinante importante de la actividad inventiva en Argentina, Brasil, Chile Colombia y México durante el período 1988-2003.

No son pocos los estudios que desde la economía se han hecho sobre la relación entre la capacidad de innovación y el comercio internacional. En esta sección se ha hecho una breve reseña de algunos de los trabajos que estudian la capacidad de innovación en los

países emergentes e industrializados. El aporte que la presente investigación hace a la literatura sobre innovación y comercio es un análisis empírico que evalúa la influencia y la importancia del progreso tecnológico sobre el comercio internacional. A pesar de que los sistemas de innovación tecnológica de los principales socios de la CAN (Estados Unidos, China, Unión Europea) son muy opuestos a las estructuras de la Comunidad Andina, en las relaciones de comercio exterior de estos países se complementan bien con sus socios comerciales.

5. Innovación tecnológica y comercio internacional: análisis de la evidencia empírica

En esta sección se examina el impacto de la innovación tecnológica y los flujos bilaterales de comercio de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú utilizando el modelo gravitacional de comercio propuesto por Tinbergen (1962) y Pöyhönen (1963). Se comienza con el análisis de los flujos bilaterales de comercio para saber la importancia de la capacidad de innovación sobre el comercio internacional. Posteriormente, se analiza el impacto del progreso tecnológico sobre las exportaciones e importaciones mediante la ecuación de gravedad.

5.1. Modelo gravitacional de comercio

El modelo gravitacional es la herramienta empírica más exitosa a la hora de explicar los flujos de comercio bilateral. La idea central se inspira en la Ley Universal de la Gravedad de Newton propuesta en el año 1687 que relaciona la atracción o gravedad entre dos objetos proporcionalmente al tamaño de sus masas e inversamente a la distancia entre ellos. En concreto, esta ecuación fue planteada originariamente por Tinbergen (1962) y Pöyhönen (1963), quienes independientemente sugirieron que el flujo de comercio bilateral entre dos países se asocia positivamente con el PIB, y negativamente con la distancia como lo muestra la siguiente ecuación:

$$F_{ij} = C \left[\frac{Y_i^\alpha Y_j^\beta}{D_{ij}^\theta} \right] \quad (1)$$

Donde F_{ij} es el flujo comercial entre el país i y el país j , Y_i y Y_j captan el tamaño de las economías i y j medidas por el PIB real, D_{ij} es la distancia geodésica entre el país i y el país j , C es una constante gravitacional, α capta el efecto que tiene el PIB del país i en el flujo bilateral, β capta el impacto que presenta el PIB del país j en las exportaciones e importaciones y θ capta la influencia de la distancia geográfica entre países.

5.2. El modelo gravitacional y la innovación tecnológica

Uno de los atractivos de estudiar los determinantes de los flujos comerciales son los numerosos trabajos que utilizan el modelo gravitacional para predecir el comportamiento de las exportaciones e importaciones de los países desarrollados y subdesarrollados. Se pueden distinguir investigaciones enfocadas en analizar los factores gravitacionales que las diferentes teorías predicen (Perroux, 1971; Trefler, 1993; Díaz, 2014), estudios empíricos que cuantifican el impacto de los costos de transporte (Cárdenas y García, 2004; Nowak-Lehmann et al, 2007; López y Muñoz, 2008; Sierra y Martínez, 2009) y escritos que analizan el lenguaje común, los puertos marítimos y los límites fronterizos como variables que influyen de manera significativa en el comercio, Nitsch (2000) con un modelo de efectos fijos, Rose (2000) con un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, Carrère (2006) con un modelo de efectos aleatorios y Baier and Bergstrad (2006) con modelos de efectos fijos y aleatorios.

El modelo gravitacional es utilizado para analizar la relación entre innovación y comercio internacional. Por ejemplo, Márquez y Martínez (2010) estudian el efecto de la innovación tecnológica sobre los flujos comerciales para una muestra de 13 países exportadores y 77 importadores para el año 2000 desagregados en 4 dígitos de la Clasificación Uniforme del Comercio Internacional (CUCI), encontrando un impacto positivo y no lineal sobre las exportaciones. Por su parte, Castellani *et al* (2011) analizan los proyectos de inversión en I+D en 58 países durante el periodo 2003-2008. Estos autores encuentran, mediante una ecuación de gravedad, que la distancia geográfica no es un obstáculo a los procesos de investigación y desarrollo, y que el efecto negativo de la misma disminuye con las variables religiosas y culturales introducidas en el modelo.

Posteriormente, Leitner, *et al* (2012) usaron el modelo gravitacional para estudiar la relación entre el tamaño del mercado, las variables culturales y los gastos en I+D extranjeros. Estudiando las inversiones en investigación y desarrollo de las empresas extranjeras en los países de la OCDE, para los años 2001-2007, se demostró que la capacidad tecnológica de los países es un determinante para los procesos de I+D de las industrias foráneas. Josheski y Fotov (2013) muestran que el comercio depende altamente de los niveles de tecnología de los importadores y exportadores en las relaciones bilaterales. Analizando, mediante el modelo gravitacional, los flujos comerciales de 13 países exportadores y 77 importadores se concluye que para aumentar la magnitud de comercio se deben realizar inversiones en investigación y desarrollo.

En síntesis, estos trabajos demuestran el buen ajuste y el éxito empírico que tiene el modelo gravitacional a la hora de evaluar los impactos de la innovación tecnológica sobre los flujos bilaterales de comercio, mostrando lo importante que se torna estudiar los efectos del progreso tecnológico en la política comercial latinoamericana. Por tanto, se hace necesario estimar la magnitud de los incentivos que tienen los países a la hora de invertir en procesos de innovación tecnológica. El aporte que la presente investigación hace a la literatura sobre el impacto que tiene la capacidad de innovación en las exportaciones y las importaciones, se basa en un análisis empírico que permite estimar la magnitud de los incentivos que tienen las economías de la CAN en desarrollar manufacturas de mediana y alta tecnología. De esta manera, se identificarán los efectos predominantes de las medidas de la capacidad de innovación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, con el fin de direccionar las decisiones de política comercial.

5.3. Medidas de las variables

5.3.1. Flujos bilaterales de comercio

Con base en el trabajo de Rose (2000) la variable dependiente es el flujo bilateral de comercio. Esta se construye de las cifras de exportaciones e importaciones en miles de dólares de la fuente de datos UNCOMTRADE. La serie se deflactó con el IPC

estadounidense año base 2000⁵ de la Conferencia de Comercio y Desarrollo de las Naciones Unidas-UNCTADSTAT (por sus siglas en inglés).

5.3.2. Tamaño de las economías

El tamaño de las economías se mide por el producto interno bruto de cada país de la Comunidad Andina y de sus socios comerciales. Esta variable es tomada de los datos estadísticos del Banco Mundial, en miles de dólares, y es deflactada a precios constantes año 2000 con el IPC estadounidense de UNCTADSTAT. En los análisis de los flujos bilaterales, se espera que el PIB de los países tenga un efecto positivo y significativo.

5.3.3. Definiendo los costos de transporte

En la especificación del modelo gravitacional la regresora que mide la distancia geográfica entre países ha sido objeto de diversas discusiones. Uno de los trabajos más interesantes es el realizado por Hong (1999) en donde se plantea que la importancia de la distancia se debe a la correlación que muestra con algunas barreras comerciales, tales como los costos de transporte y las expresiones culturales. El autor advierte sobre la no homogeneidad de la distancia y recomienda revisar los centros económicos de partida de medición de esta variable. Por su parte, Brun, *et al* (2005) estudian la relación no lineal entre la distancia y los flujos bilaterales de comercio en el modelo gravitacional, tomando como medida de los costos de transporte la distancia geodésica, el índice de precios del petróleo y el índice de infraestructura.

Años más tarde, Marimoutou, *et al* (2010) estudian el impacto de la distancia sobre los flujos comerciales de los Estados Unidos en el periodo 1994-1996. En este trabajo se define la distancia geográfica como el costo de entrada al mercado con dos componentes fundamentales: uno fijo (distancia geodésica entre dos países) y uno variable (índice de protección de las importaciones). Utilizando la ecuación gravitacional, se estima un modelo mediante el método de mínimos cuadrados flexibles en donde encuentran que cuanto más grande sea el PIB del socio comercial, la distancia influirá en menor medida

⁵ No se opta por un índice PPA por tres razones: la primera porque esta metodología no se aplica para los bienes transables que por sus altos costos de transporte impiden el arbitraje, la segunda se debe a que la razón de los precios de los bienes no transables y los bienes objeto de comercio no es la misma en todos los países y por tanto, no puede haber paridad de compra (Resumenes, 1976) y la tercera porque existe una amplia literatura en comercio internacional que analizan las variables deflactándolas con un año base (para un análisis más profundo consultar los trabajos de Rose (2000), Nitsch (2000), Carrère (2006), Baier and Bergstrand (2006), Díaz (2014) y Raffo, Díaz y Casas (2016).

en el comercio, y por tanto la distancia no será un obstáculo en el comercio bilateral entre dos países.

En la presente investigación se utiliza, como proxy de los costos de transporte, un componente fijo y otro variable medidos de la siguiente manera: como componente fijo, se toma la distancia entre la capital del país *i* y el país *j* calculada en kilómetros, a partir de los valores de latitud y longitud de los respectivos centros geográficos. Los datos fueron obtenidos del Centro de Estudio e Investigación en Economía Internacional de Francia –CEPII (por sus siglas en inglés). En el componente variable, se toma el índice de precios del petróleo año base 2000 de UNCTADSTAT. Por último, se espera que el impacto de las medidas de costos de transporte sobre los flujos bilaterales de comercio sea negativo y significativo para todos los países de la CAN.

5.3.4. Capacidad de innovación

Sánchez y Vicens (1994) miden la capacidad de innovación como la inversión en I+D de la economía española sobre la inversión total de I+D de los países de la OCDE. Furman, *et al* (2000) realizan un análisis empírico de los determinantes de la producción de patentes dadas las diferencias en la productividad de los procesos de investigación y desarrollo. Como medida de capacidad de innovación, estos autores utilizan las patentes concedidas por la United States Patent and Trademark Office (USPTO). Años más tarde, Varsakelis (2006) estudia los factores que afectan a la capacidad de innovación utilizando como proxy el número de patentes solicitadas: entre las variables independientes, se encuentran la calidad de la educación y de las instituciones gubernamentales.

El presente estudio utiliza las medidas de capacidad de innovación, tomadas del trabajo de Castellaci y Natera (2013), quienes mejoran las variables utilizadas en otras investigaciones, ya que distinguen entre los insumos de la capacidad de innovación de un país y los productos obtenidos de ella. Por su parte, de acuerdo con Sánchez y Vicens (1994), los indicadores tecnológicos en términos relativos explican mejor los flujos bilaterales de comercio. Por tanto, se analizará la capacidad de innovación en términos relativos para los países de la CAN y como input se tomará la inversión en I+D de la base de datos sobre el Análisis de los Sistemas Nacionales de Desarrollo y Crecimiento-CANA (Por sus siglas en inglés) y del Banco Mundial deflactada a precios del año 2000 con el IPC estadounidense de UNCTADSTAT. Como outputs, se estudiarán dos variables: el

número de solicitudes de patentes y el número de artículos publicados de la base de datos CANA y Banco Mundial.

En la sección 2 del presente trabajo, se muestra, en términos generales que la estructura productiva de los países de la CAN se basa en productos primarios y en manufacturas basadas en recursos naturales, demandando bienes con alto contenido tecnológico. Además, en la sección 3 se observa un rezago en las variables de innovación tecnológica para los países de la CAN frente a sus principales socios comerciales. Por lo anterior, se espera que estas variables muestren una influencia estadística no significativa sobre los flujos bilaterales. En cuanto a las exportaciones, dado el sesgo productivo en productos de baja tecnología, se espera que el gasto en I+D de la Comunidad Andina de Naciones influya de manera negativa, y en las importaciones, dado el gran número de compras en bienes tecnológicos, se espera un impacto positivo y significativo de la capacidad de innovación de los socios comerciales.

5.3.5. Tierra por trabajador

Siguiendo a Díaz (2014) se utilizará la variable tierra por trabajador la cual se mide como el área de tierras con cultivos permanentes en kilómetros cuadrados. Los datos se obtuvieron, para todos los países de la muestra, de la base de indicadores del Banco Mundial. Por su parte, el trabajo se mide con el número de personas económicamente activas y la fuente de datos es del Banco Mundial. Se espera un impacto significativo y positivo en las exportaciones y no significativo las importaciones de la CAN.

5.3.6. Variables dicotómicas

Se estudiará la influencia de aspectos culturales y geográficos en el comercio de la CAN mediante la construcción de dos variables: frontera, que será una variable dicotómica que toma el valor de 1 si el país *i* comparte frontera con el país *j*, y lenguaje común, que tomará el valor de 1 si el país *i* comparte el mismo idioma con el país *j*. Se espera que estas variables sean positivas y significativas.

5.4. Modelo gravitacional de innovación tecnológica

Para analizar si el progreso tecnológico medido por la capacidad de innovación es un factor determinante en los flujos comerciales de los países en desarrollo se especifica un modelo gravitacional de innovación tecnológica para Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú como se observa en la ecuación (2). Los procesos de investigación y desarrollo conllevan a la obtención de algunos productos, como lo son las solicitudes de patentes y los artículos publicados en ingeniería y ciencias naturales. La ecuación (3) muestra la especificación propuesta para analizar los outputs de la innovación tecnológica sobre los flujos bilaterales de comercio.

Posteriormente, para estudiar si los procesos tecnológicos son un incentivo para la especialización de las exportaciones de los países del sur, se especifican las ecuaciones (4) y (5):

$$\ln(B_{ijt}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_{it}) + \alpha_2 \ln(Y_{jt}) + \alpha_3 \ln(D_{ij}) + \alpha_4 \ln(PP_t) + \alpha_5 \ln\left(\frac{I+D_i}{I+D_j}\right)_t + \alpha_6 \ln\left(\frac{\frac{T_i}{L_i}}{\frac{T_j}{L_j}}\right)_t + \alpha_7 \text{front}_{ijt} + \alpha_8 \text{leng}_{ijt} + \varepsilon_{ijt}; \quad (2)$$

$$\ln(B_{ijt}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_{it}) + \alpha_2 \ln(Y_{jt}) + \alpha_3 \ln(D_{ij}) + \alpha_4 \ln(PP_t) + \alpha_5 \ln\left(\frac{\text{patentes}_i}{\text{patentes}_j}\right)_t + \alpha_6 \ln\left(\frac{\text{articulos}_i}{\text{articulos}_j}\right)_t + \alpha_7 \ln\left(\frac{\frac{T_i}{L_i}}{\frac{T_j}{L_j}}\right)_t + \alpha_8 \text{front}_{ijt} + \alpha_9 \text{leng}_{ijt} + \varepsilon_{ijt}; \quad (3)$$

$$\ln(X_{ijt}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_{it}) + \alpha_2 \ln(Y_{jt}) + \alpha_3 \ln(D_{ij}) + \alpha_4 \ln(PP_t) + \alpha_5 \ln(I+D)_{it} + \alpha_6 \ln\left(\frac{T}{L}\right)_{it} + \alpha_7 \text{front}_{ijt} + \alpha_8 \text{leng}_{ijt} + \varepsilon_{ijt}; \quad (4)$$

$$\ln(M_{ijt}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Y_{it}) + \alpha_2 \ln(Y_{jt}) + \alpha_3 \ln(D_{ij}) + \alpha_4 \ln(PP_t) + \alpha_5 \ln(I+D)_{jt} + \alpha_6 \ln\left(\frac{T}{L}\right)_{jt} + \alpha_7 \text{front}_{ijt} + \alpha_8 \text{leng}_{ijt} + \varepsilon_{ijt}; \quad (5)$$

Donde, i son los países miembros de la CAN (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú); j denota los países socios de los miembros de la CAN; $t = 1980, 1981, \dots, 2013$; B_{ijt} es el promedio de exportaciones e importaciones entre país i y el país j en el año t ; X_{ijt} son las exportaciones del país i al país j ; M_{ijt} son las importaciones del país i al país j ; Y_{it} es el producto interno bruto del país i en el año t ; Y_{jt} denota el producto interno bruto del país j en el año t ; D_{ij} es la distancia entre la capital del país i y la capital del país j ; PP_t es el precio del petróleo en el año t ; $(I + D)_{it}$ es el gasto en investigación y desarrollo del país i en el año t ; $(I + D)_{jt}$ es el gasto en investigación y desarrollo del país j en el año t ; $patentes_{it}$ es el número de solicitud de patentes del país i en el año t ; $patentes_{jt}$ es el número de solicitud de patentes del país j en el año t ; $articulos_{it}$ es el número de artículos publicados en física, biología, química, matemática, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra y el espacio del país i en el año t ; $articulos_{jt}$ es el número de artículos publicados en física, biología, química, matemática, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra y el espacio del país j en el año t ; $\left(\frac{T}{L}\right)_{it}$ es la tierra por trabajador del país i en el año t ; $\left(\frac{T}{L}\right)_{jt}$ es la tierra por trabajador del país j en el año t ; $front_{ijt}$ es una variable dicotómica que denota si el país i comparte frontera con el país j ; $leng_{ijt}$ es una variable dicotómica que denota si el país i comparte el mismo idioma con el país j y ε_{ijt} es el término de error.

5.5. Resultados de las estimaciones

En esta sección se analizan los resultados de las estimaciones de las ecuaciones gravitacionales especificadas anteriormente. La muestra estudiada está conformada por los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones y sus socios comerciales. En concreto, se estudia el comercio bilateral de Bolivia con 53 países, el de Colombia con 84 países, el de Ecuador con 68 países y el de Perú con 84 socios comerciales. El periodo investigado es el comprendido entre los años 1980 y 2013. Por tanto, se tiene una muestra para Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú de 1.855, 2.772, 2.380 y 2.772 observaciones respectivamente.

Las ecuaciones gravitacionales se pueden estimar mediante los métodos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), Efectos Aleatorios (EA) y Efectos Fijos (EF). Sin

embargo, siguiendo a Cafiero (2005), el procedimiento de MCO adolece de una falla principal y es la falta de características heterogéneas relacionadas con el ingreso per cápita por lo cual se prescinde de la estimación mínimo cuadrática. En la actualidad, las estimaciones se hacen con una estructura de panel que utiliza, de forma conjunta, datos de tipo transversal con series de tiempo. Los métodos econométricos que tradicionalmente trabajan con estructuras tipo panel son los de EA y EF. Con el estimador EF, los efectos son asumidos como parámetros fijos al estar correlacionados con las explicativas. Por el contrario, con el estimador de EA los efectos son asumidos estocásticos y no correlacionados con las explicativas. El test de Hausman permite determinar cuál de los dos estimadores, EF o EA, resulta más apropiado en cada caso.

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se encuentran las estimaciones corregidas de los modelos gravitacionales de innovación tecnológica para los países de la CAN. Se realizaron los test de Wooldridge de autocorrelación serial, el test de Breusch-Pagan para efectos aleatorios, el test de heterocedasticidad y el test de Hausman que compara las estimaciones de efectos aleatorios y efectos fijos. Los resultados de las pruebas, que se muestran en las tablas, dieron evidencia a favor del modelo de efectos fijos para todos los países andinos. Por último, todas las especificaciones presentan problemas de autocorrelación y heterocedasticidad a un nivel de significancia del 5% que deben corregirse.

De acuerdo con Beck (2001), para corregir los problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad, en el caso de los modelos de EF se utilizan estimadores de Panel Corrected Standard Errors (PCSE), mientras que en el caso de los modelos de EA se aplican estimadores de Feasible Generalized Least Squares (FGLS). Por tanto, este trabajo realiza la corrección de los modelos mediante la estimación de PCSE.

La tabla 1 muestra los resultados de la ecuación (2) en donde, por medio del gasto en investigación y desarrollo en términos relativos se pretende estudiar el impacto de la capacidad de innovación sobre los flujos comerciales de los países de la CAN. En resumen se obtuvieron los siguientes resultados:

1. *Efectos de las variables gravitacionales.* El PIB de los países de la CAN y sus socios comerciales tienen un efecto positivo y significativo sobre los flujos bilaterales de

comercio. Por su parte, la variable distancia geográfica es significativa y presenta el signo esperado. *Interpretación:* el nivel de renta de los países de la CAN capta la relevancia de la capacidad productiva de esta región para fomentar sus exportaciones. Así mismo, el ingreso de los socios comerciales de la Comunidad Andina impacta las importaciones de Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú demostrando su volumen de producción. En contraste, a medida que aumenta la distancia entre los países de la CAN y sus socios comerciales, los costos de transporte fijos aumentan representando una barrera para el comercio.

2. *Efecto del precio del petróleo.* Es negativo y significativo para Bolivia y Colombia, pero positivo para Perú y Ecuador siendo no significativo para esta última economía. *Interpretación:* esta variable se estudia en este modelo como una proxy de los costos de transporte variables y su impacto dependerá de la estructura comercial de los países. De acuerdo con Mirza y Zitouna (2010) los precios del petróleo afectan en mayor medida al comercio bilateral con los socios más lejanos, pues un aumento de estos hará incrementar los costos de envío de las mercancías transables a estos países. En este sentido, los resultados para Bolivia y Colombia muestran que el precio del petróleo sí afecta negativamente el comercio bilateral y demuestra ser una buena proxy de los costos de transporte variables.

Por su parte, para Ecuador y Perú un incremento en el precio del petróleo aumenta el flujo de comercio bilateral. En este análisis, el precio del petróleo se estudia como una proxy de los costos de transporte variables, por tanto la no significancia de la variable para Ecuador evidencia que en la estructura de costos no es importante y que pueden existir otros factores que influyen significativamente en el comercio exterior. Por último, el flujo comercial de Perú es inelástico frente al precio del petróleo y no tiene el signo esperado lo que demuestra que el impacto del costo del hidrocarburo no afecta negativamente el comercio bilateral de la economía peruana.

3. *Efecto de la capacidad de innovación.* En términos relativos, el gasto en inversión y desarrollo tiene un efecto negativo y significativo para los países andinos, excepto para Ecuador. *Interpretación:* teniendo en cuenta el rezago en I+D que tiene la Comunidad Andina con sus socios comerciales (ver sección 3) y conociendo que el 80% de la estructura exportadora de los países de la CAN son bienes primarios y manufacturas

basadas en recursos naturales, un aumento en 1% de la relación en I+D en términos relativos disminuye los flujos bilaterales de comercio en 0.10%, 0.17%, 0.04% y 0.12% de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú respectivamente. La I+D relativa se asocia negativa y significativamente con los flujos comerciales porque esta variable capta la inversión en los procesos de investigación y desarrollo de estos países. Adicionalmente, las exportaciones de la CAN no son intensivas en tecnología pues su estructura productiva se basa en bienes intensivos en tierra y trabajo mostrando una ventaja comparativa en productos primarios y manufacturas basadas en recursos naturales (ver anexo 1).

4. *Efecto de la abundancia factorial.* En términos relativos, la tierra por trabajador tiene un efecto positivo y significativo para los países de la CAN. *Interpretación:* el resultado es consistente con el teorema Heckscher-Ohlin-Samuelson y con la intuición económica pues, según su estructura, las economías de la CAN tienen abundancia relativa de tierra. Por tal motivo, estos países producen productos primarios y manufacturas basadas en recursos naturales, los cuales son intensivos en tierra. Por lo anterior, el aumento de un 1% en la dotación de tierra por trabajador para Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú lleva a que sus flujos bilaterales se incrementen en 0.04%, el 0.08%, el 0.10% y 0.06%, respectivamente.

4. *Efectos culturales.* El comercio bilateral aumentará con aquellos países que compartan frontera con el país andino o con las economías que tengan el mismo idioma oficial que los países de la CAN. Estos efectos resultaron ser positivos y significativos para la Comunidad Andina de Naciones.

En la tabla 2 se muestran los resultados de las estimaciones de la ecuación (3) para los outputs derivados de los procesos de investigación y desarrollo. Como ya se mencionó antes, el objetivo de la presente investigación es determinar el impacto de las medidas tecnológicas y, las patentes y los artículos publicados, los cuales son buenas proxies de la capacidad de innovación (Castellaci y Natera, 2013). En general, los resultados de esta regresión se mantienen con respecto a los analizados en la tabla anterior con algunas pequeñas diferencias en las elasticidades de las variables. Los efectos de las variables gravitacionales se mantienen. Los niveles de ingreso son positivos y significativos, mientras que la distancia geográfica mantiene su impacto negativo sobre los flujos comerciales

Por su parte, los efectos del precio del petróleo y de las abundancias relativas de los factores se mantienen, al igual que su importancia en los flujos de comercio bilateral. En términos relativos, el efecto de las solicitudes de patentes es negativo y significativo para todos los países de la CAN, excepto para Perú en donde prevalece el signo pero no es significativa la variable, ya que su proceso de innovación tecnológica se basa en mayor medida en los artículos publicados. Por su parte, la variable de artículos publicados tiene un impacto negativo y significativo para todos los países excepto para la economía boliviana evidenciando las deficiencias en los procesos de publicación, pues Bolivia presenta un rezago muy fuerte con respecto a sus socios comerciales.

Tabla 1: los flujos de comercio bilateral y capacidad de innovación, ecuación (2).

Variables regresoras	Signo esperado	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú
$\ln Y_{it}$	Positivo	1.35*** (0.237)	0.856*** (0.114)	0.683*** (0.169)	0.576*** (0.108)
$\ln Y_{jt}$	Positivo	1.087*** (0.084)	0.907*** (0.059)	1.106*** (0.055)	0.995*** (0.059)
$\ln D_{ij}$	Negativo	-1.181*** (0.180)	-1.369*** (0.139)	-1.325*** (0.154)	-0.515*** (0.177)
$\ln PP_t$	Negativo	-0.245** (0.104)	-0.155** (0.066)	0.002 (0.088)	0.156** (0.064)
$\ln \frac{I + D_i}{I + D_j}$	Negativo	-0.106*** (0.039)	-0.174*** (0.030)	-0.046 (0.029)	-0.122*** (0.030)
$\ln \left(\frac{T_{it}}{L_{it}} / \frac{T_{jt}}{L_{jt}} \right)$	Positivo	0.044* (0.031)	0.085** (0.039)	0.102** (0.045)	0.062*** (0.024)
front_{ijt}	Positivo	2.000*** (0.259)	0.521*** (0.182)	0.520* (0.280)	1.695*** (0.221)
leng_{ijt}	Positivo	1.170*** (0.243)	1.141*** (0.237)	0.839*** (0.240)	1.460*** (0.251)
Constante	Negativo	-23.43*** (3.990)	-10.29*** (2.242)	-12.13*** (3.001)	-15.86*** (2.291)
R-cuadrado		0.57	0.60	0.64	0.66
Efectos aleatorios Vs Pooled					
Test de Breush-Pagan		2896***	6699***	2626***	6285***
Efectos aleatorios Vs Efectos Fijos					
Test de Hausman		38.83***	27.02***	13.64**	62.85***
Testeando los supuestos del error					
Test de autocorrelación		10.52***	61.72***	16.24***	63.74***
Test de heteroscedasticidad		2970***	12310***	55271***	14385***
Tipo de corrección					
Corrección para la estimación		PCSE	PCSE	PCSE	PCSE

Los errores estándar se encuentran entre paréntesis.

P-valor: *<0.1; **<0.05; ***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

Tabla 2: los flujos de comercio bilateral y outputs de innovación, ecuación (3).

Variables regresoras	Signo esperado	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú
$\ln Y_{it}$	Positivo	1.192*** (0.229)	1.356*** (0.099)	0.586*** (0.189)	0.463*** (0.102)
$\ln Y_{jt}$	Positivo	1.225*** (0.044)	0.840*** (0.028)	1.020*** (0.030)	1.151*** (0.034)
$\ln D_{ij}$	Negativo	-1.195*** (0.098)	-1.563*** (0.049)	-1.340*** (0.064)	-0.903*** (0.133)
$\ln PP_t$	Negativo	-0.297** (0.118)	-0.403*** (0.073)	-0.083 (0.106)	0.210*** (0.070)
$\ln \left(\frac{\text{patentes}_i}{\text{patentes}_j} \right)_t$	Negativo	-0.043** (0.019)	-0.156*** (0.012)	-0.093*** (0.014)	-0.012 (0.007)
$\ln \left(\frac{\text{artículos}_i}{\text{artículos}_j} \right)_t$	Negativo	-0.008 (0.018)	-0.041** (0.016)	-0.045** (0.017)	-0.024*** (0.007)
$\ln \left(\frac{T_{it}}{L_{it}} / \frac{T_{jt}}{L_{jt}} \right)$	Positivo	0.063*** (0.016)	0.109*** (0.018)	0.053*** (0.018)	0.039** (0.017)
front_{ijt}	Positivo	1.871*** (0.144)	0.430*** (0.084)	0.366*** (0.138)	1.429*** (0.165)
leng_{ijt}	Positivo	1.282*** (0.107)	0.764*** (0.077)	1.190*** (0.100)	1.012*** (0.186)
Constante	Negativo	-23.87*** (3.327)	-15.28*** (1.504)	-8.482*** (2.928)	-13.32*** (2.026)
R-cuadrado		0.69	0.72	0.65	0.60
Efectos aleatorios Vs Pooled					
Test de Breush-Pagan		3795***	7705***	3840***	8012***
Efectos aleatorios Vs Efectos Fijos					
Test de Hausman		41.79***	111.34***	19.49**	128.87***
Testeando los supuestos del error					
Test de autocorrelación		14.06***	37.24***	10.00***	58.53***
Test de heteroscedasticidad		4825***	14872***	46744***	25653***
Tipo de corrección					
Corrección para la estimación		PCSE	PCSE	PCSE	PCSE

Los errores estándar se encuentran entre paréntesis.

P-valor: *<0.1; **<0.05; ***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

El aporte que la presente investigación realiza a los estudios empíricos sobre tecnología y comercio, es un análisis que pone a prueba los efectos de la capacidad tecnológica de los países de la CAN sobre sus flujos comerciales y los de sus socios. Para tal fin, se sigue el *enfoque de único país* de Sierra y Martínez (2009), que permite estudiar las exportaciones e importaciones con modelos gravitacionales por separados. Las variables tecnológicas en valores absolutos de los modelos se sustentan en la teoría de los Sistemas Nacionales de Innovación expuesta por Castellaci y Natera (2013), en donde las exportaciones (importaciones) dependen de la inversión en investigación y desarrollo y

de los factores de producción del país exportador (importador) los cuales inciden en la estructura comercial y productiva de los países. Se estimó un modelo gravitacional, para las exportaciones e importaciones de las economías de la CAN, con estructura de panel mediante el método de efectos fijos para el periodo 1980-2013. Los resultados de las regresiones de las ecuaciones (4) y (5) se muestran en las tablas 3 y 4.

En la tabla 3 se observa los resultados de la estimación de la ecuación (4). Nótese, que el PIB de los países de la CAN no es significativo para sus propias exportaciones, en contraste el flujo exportador reacciona positivamente ante aumentos en los niveles de renta de los socios comerciales. Por su parte, el efecto de los costos de transporte (distancia y precios del petróleo) sobre las exportaciones mantiene la significancia y el signo de las regresiones anteriores.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede inferir que los procesos de investigación y desarrollo de la Comunidad Andina no son determinantes para las exportaciones. Lo anterior se debe a que la capacidad de innovación tecnológica en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú no les permite diversificar sus productos y alcanzar la autonomía tecnológica y, en consecuencia jalonar las exportaciones de bienes intensivos en tecnología. En contraste, la relación tierra por trabajador tiene un impacto positivo y significativo en las exportaciones de la CAN, lo que se explica por el hecho de que más de la mitad de los bienes exportados por los países andinos son productos primarios y manufacturas basadas en recursos naturales.

Tabla 3: las exportaciones y la capacidad de innovación, ecuación (4).

Variables regresoras	Signo esperado	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú
$\ln Y_{it}$	Positivo	1.175 *** (0.457)	0.117 (0.212)	0.237 (0.286)	0.042 (0.164)
$\ln Y_{jt}$	Positivo	1.266 *** (0.036)	1.116 *** (0.017)	1.152 *** (0.022)	1.086 *** (0.016)
$\ln D_{ij}$	Negativo	-1.643 *** (0.145)	-2.027 *** (0.052)	-1.506 *** (0.076)	-0.996 *** (0.074)
$\ln PP_t$	Negativo	-0.388 ** (0.181)	-0.423 *** (0.082)	0.162 (0.156)	0.184 * (0.111)
$\ln(I + D)_{it}$	Negativo	-0.024 (0.110)	0.421 (0.136)	0.389 (0.074)	0.018 (0.091)
$\ln\left(\frac{T}{L}\right)_{it}$	Positivo	1.077 * (0.708)	0.715 *** (0.202)	1.664 *** (0.350)	0.440 * (0.279)
front_{ijt}	Positivo	1.003 *** (0.200)	0.431 *** (0.125)	0.213 (0.197)	1.135 *** (0.104)
leng_{ijt}	Positivo	0.938 *** (0.168)	0.065 (0.083)	0.935 *** (0.125)	0.579 *** (0.102)

Constante	Negativo	-18.41*** (6.032)	1.798 (2.657)	0.108 (4.011)	-2.986 (3.056)
R-cuadrado		0.58	0.64	0.57	0.66
Efectos aleatorios Vs Pooled					
Test de Breush-Pagan		1949***	7660***	3252***	7207***
Efectos aleatorios Vs Efectos Fijos					
Test de Hausman		1990**	10.05	7.95	29.80***
Testeando los supuestos del error					
Test de autocorrelación		30.57***	66.88***	14.35***	53.46***
Test de heteroscedasticidad		14283***	41635***	34664***	13172***
Tipo de corrección					
Corrección para la estimación		PCSE	PCSE	PCSE	PCSE

Los errores estándar se encuentran entre paréntesis.

P-valor: *<0.1; **<0.05; ***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

Tabla 4: las importaciones y la capacidad de innovación, ecuación (5).

Variables regresoras	Signo esperado	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú
$\ln Y_{it}$	Positivo	1.322*** (0.200)	0.915*** (0.121)	0.652*** (0.216)	0.712*** (0.110)
$\ln Y_{jt}$	Positivo	0.815*** (0.111)	0.516*** (0.059)	0.904*** (0.068)	0.839*** (0.068)
$\ln D_{ij}$	Negativo	-0.975*** (0.149)	-0.589*** (0.084)	-0.974*** (0.086)	-0.420*** (0.104)
$\ln PP_t$	Negativo	-0.298*** (0.100)	-0.429*** (0.094)	-0.097 (0.122)	0.168** (0.084)
$\ln(I + D)_{jt}$	Positivo	0.290*** (0.067)	0.469*** (0.039)	0.224*** (0.046)	0.235*** (0.045)
$\ln\left(\frac{T}{L}\right)_{jt}$	Negativo	-0.032 (0.027)	-0.046* (0.023)	-0.071*** (0.025)	-0.101*** (0.014)
$front_{ijt}$	Positivo	2.373*** (0.219)	1.778*** (0.114)	0.813*** (0.156)	2.124*** (0.141)
$leng_{ijt}$	Positivo	1.358*** (0.208)	1.955*** (0.144)	1.629*** (0.142)	1.589*** (0.149)
Constante	Negativo	-22.99*** (3.469)	-16.11*** (2.093)	-13.42*** (3.362)	-17.82*** (1.944)
R-cuadrado		0.64	0.64	0.61	0.64
Efectos aleatorios Vs Pooled					
Test de Breush-Pagan		2334***	6096***	2686***	5312***
Efectos aleatorios Vs Efectos Fijos					
Test de Hausman		36.89***	55.81***	25.51***	49.47***
Testeando los supuestos del error					
Test de autocorrelación		9.57***	22.48***	3.69**	5.98**
Test de heteroscedasticidad		3108***	20139***	22462***	15243***
Tipo de corrección					
Corrección para la estimación		PCSE	PCSE	PCSE	PCSE

Los errores estándar se encuentran entre paréntesis.

P-valor: *<0.1; **<0.05; ***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

En la tabla 4 se muestran los resultados de la estimación de la ecuación (5). Se observa que el PIB de los países de la CAN es positivo y significativo al igual que los niveles de renta de sus socios comerciales. Lo anterior, se debe a que el tamaño de las economías de Estados Unidos, China y la Unión Europea expresa su enorme capacidad de producción y la demanda en bienes primarios y manufacturas basadas en recursos naturales que generan los socios comerciales de los países de la CAN. Por su parte, el efecto de los costos de transporte (distancia y precios del petróleo) sobre las exportaciones mantiene la significancia y el signo de las regresiones anteriores.

Los procesos de investigación y desarrollo de los países socios de la CAN son positivos y significativos en el modelo de importaciones de la Comunidad Andina. Este resultado se debe a que los países andinos son importadores de manufacturas de baja, mediana y alta tecnología como se muestra en la sección 2. Por tanto, Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú tendrán un incentivo para producir y exportar aquellos bienes que no requieran ningún esfuerzo tecnológico en su producción ya que su demanda interna es satisfecha por sus socios comerciales. Además, la abundancia relativa de los socios de la CAN tiene una influencia negativa y significativa sobre las importaciones, exceptuando a Bolivia, lo que implica que los socios comerciales no exportan hacia la Comunidad Andina de Naciones bienes intensivos en tierra y mano de obra.

Adicionalmente, y como aporte de la presente investigación, se presentan algunos análisis de causalidad temporal por clasificación tecnológica de bienes (Bienes Primarios, Mercancías Basadas en Recursos Naturales y Manufacturas de Baja, Mediana y Alta Tecnología) para la CAN que también muestran el impacto de la capacidad de innovación tecnológica sobre los flujos comerciales. Aquí se usan modelos de vectores autorregresivos (VAR) para estudiar los efectos temporales del número de patentes y artículos publicados sobre los flujos comerciales. Para ello, se especifica el siguiente sistema VAR en niveles:

$$C_t = \alpha_0 + \sum_{s=1}^k \alpha_{1s} C_{t-k} + \sum_{s=1}^k \beta_{1s} P_{t-k} + \sum_{s=1}^k \delta_{1s} A_{t-k} + \sum_{s=1}^k \Omega_{1s} T_{t-k} + U_{1t}$$

(6)

$$P_t = \beta_0 + \sum_{s=1}^k \alpha_{2s} C_{t-k} + \sum_{s=1}^k \beta_{2s} P_{t-k} + \sum_{s=1}^k \delta_{2s} A_{t-k} + \sum_{s=1}^k \Omega_{1s} T_{t-k} + U_{2t}$$

(7)

$$A_t = \delta_0 + \sum_{s=1}^k \alpha_{3s} C_{t-k} + \sum_{s=1}^k \beta_{3s} P_{t-k} + \sum_{s=1}^k \delta_{3s} A_{t-k} + \sum_{s=1}^k \Omega_{1s} T_{t-k} + U_{3t}$$

(8)

$$T_t = \Omega_0 + \sum_{s=1}^k \alpha_{3s} C_{t-k} + \sum_{s=1}^k \beta_{3s} P_{t-k} + \sum_{s=1}^k \delta_{3s} A_{t-k} + \sum_{s=1}^k \Omega_{1s} T_{t-k} + U_{4t}$$

(9)

Donde C es el flujo comercial (promedio entre las exportaciones e importaciones), P son el número de patentes de la CAN, A es el número de artículos publicados, K es la longitud óptima de rezago y t define la frecuencia anual del estudio 1980-2013. Para cada una de las clasificaciones tecnológicas de Lall (2000) (Bienes Primarios, Mercancías Basadas en Recursos Naturales y Manufacturas de Baja, Mediana y Alta Tecnología) se analizaron los intervalos de confianza de los efectos impulso-respuesta para cada uno de los bienes de contenido tecnológico mediante la metodología *bootstrapping*, donde el proceso iterativo se hizo 1000 veces a un nivel de significación del 5%.

La prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller aumentada (ADF) para los modelos de clasificación tecnológica sugiere que el logaritmo natural del flujo comercial de los bienes primarios, las mercancías de mediana tecnología y los productos con alto contenido tecnológico de la CAN se analicen en dos diferencias. Por su parte, el logaritmo natural de los bienes basados en recursos naturales y los productos de baja tecnología se diferencian para satisfacer la condición de estacionariedad (Ver tabla 5).

Tabla 5: Prueba de raíz unitaria.

Clasificación tecnológica	Variables	Diferencias	Prueba ADF
Productos primarios	Ln (flujo comercial)	2	-8.50***
	Ln(artículos)	1	-4.32***
	Ln(patentes)	0	-3.67**
	Ln(tierra por trabajador)	1	-4.26***
Bienes basados en Recursos Naturales	Ln(flujo comercial)	1	-5.56***
	Ln(artículos)	1	-4.32***
	Ln(patentes)	0	-3.67**
	Ln(tierra por trabajador)	1	-4.26***
Productos de Baja tecnología	Ln(flujo comercial)	1	-4.91***
	Ln(artículos)	1	-4.32***
	Ln(patentes)	0	-3.67**
	Ln(tierra por trabajador)	1	-4.26***
Mercancías de Mediana tecnología	Ln(flujo comercial)	2	-7.00***
	Ln(artículos)	1	-4.32***
	Ln(patentes)	0	-3.67**
	Ln(tierra por trabajador)	1	-4.26***
Productos con Alta tecnología	Ln(flujo comercial)	2	-7.46***
	Ln(artículos)	1	-4.32***
	Ln(patentes)	0	-3.67**
	Ln(tierra por trabajador)	1	-4.26***

P-valor: *<0.1; **<0.05; ***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

5.6. Análisis de los supuestos de los modelos VAR

En el anexo 3 se encuentran las pruebas de diagnóstico de los modelos VAR para los modelos de clasificación tecnológica de la muestra. En general, los criterios de información de Schwarz, Akaike, Hannan-Quinn y el predictor de error determinaron, para todos los modelos VAR, 5 rezagos óptimos para la estimación del sistema. Por su parte, la prueba de Pormanteau que detecta autocorrelación de cualquier orden y que permite determinar si existe correlación en los residuos hasta un determinado orden h , no rechaza la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación para todas las especificaciones. La prueba de Heteroscedasticidad realizada indica que los residuos son homocedásticos para las especificaciones de Bienes Primarios, Mercancías Basadas en Recursos Naturales y Manufacturas de Baja, Mediana y Alta Tecnología. Por último, los valores propios

(eigenvalues) de la prueba de estabilidad mostraron que las especificaciones de las diferentes clasificaciones tecnológicas de bienes son estables.

El test de Jarque- Bera analiza la relación entre el coeficiente de apuntamiento y la curtosis de los residuos de la ecuación estimada y los correspondientes de una distribución normal, de forma tal que si estas relaciones son suficientemente diferentes se rechazará la hipótesis nula de normalidad. La prueba conjunta permite inferir que los residuos de los modelos VAR para los Bienes Primarios, Mercancías Basadas en Recursos Naturales y Manufacturas de Baja, Mediana y Alta Tecnología son normales. Por lo anterior, se recomienda estimar los intervalos de confianza de los gráficos impulso-respuesta por la técnica de Bootstrapping. La idea de esta técnica es que en ausencia de cualquier conocimiento sobre la distribución de una población, el comportamiento de los valores encontrados en una muestra aleatoria de tamaño n de la población es la mejor información para aproximar su distribución de probabilidades (Álvarez y Da Silva, 2009). La técnica bootstrap, para calcular intervalos de confianza, se basa en dos métodos: el estándar y el de percentiles. El primero es el más sencillo y supone que la muestra se distribuye normal. Y en el segundo, el remuestreo es utilizado para estimar la distribución muestral, (Davison y Hinkley, 1997).

5.7. Análisis impulso respuesta

Los cálculos realizados para obtener los intervalos de confianza de la función impulso respuesta (IRF) fueron realizados con base en las técnicas Bootstrap, ver anexo 4. La idea principal del uso de estas técnicas es obtener una estimación de la distribución de los parámetros involucrados en la función IRF. Esta técnica se lleva a cabo mediante dos métodos: el estándar y el percentil. En este trabajo se utiliza el método de percentil de Hall:

1. Se hace un re muestreo para obtener una estimación de la distribución T de los residuales de los modelos (1), (2), (3) y (4).
2. Se obtienen R replicas bootstrap y en cada una se calcula t^* .
3. Se estima la distribución $T = \frac{1}{R} \sum I_t$ para cada intervalo I_t .
4. Se calculan los percentiles $t^*_{(R\frac{\alpha}{2})}$ y $t^*_{(R\frac{1-\alpha}{2})}$.

En el anexo 4 se presentan las funciones de impulso respuesta del sistema VAR para los cinco modelos de clasificación tecnológica de bienes donde el proceso iterativo se hizo 1000 veces y el intervalo de confianza se obtuvo para 20 periodos. En este análisis solo se estudiaron los impactos del número de artículos publicados, el número de solicitud de patentes y la relación tierra por trabajador sobre los flujos comerciales de cada clasificación tecnológica de bienes. Nótese que para los modelos de bienes primarios y manufacturas basadas en recursos naturales las variables que miden la capacidad de innovación (artículos publicados y solicitud de patentes) no tienen un impacto significativo sobre el promedio de exportaciones e importaciones de estos productos a excepción de la solicitud de patentes para el flujo comercial de manufacturas basadas en recursos naturales que tienen un impacto significativo y positivo en el corto plazo y en el año 16 del análisis. Por su parte, la relación tierra por trabajador tiene un efecto positivo y significativo sobre el flujo comercial de bienes primarios en los ocho primeros periodos y en manufacturas basadas en recursos naturales en los 4 primeros años dando evidencia a favor de la teoría neoclásica de las abundancias factoriales.

Los impulsos respuesta para los productos de baja, mediana y alta tecnología indican que las variables tecnológicas (artículos publicados y solicitud de patentes) tienen un efecto significativo sobre los flujos comerciales tanto en el corto como en el largo plazo dando evidencia a favor de la hipótesis inicial de la presente investigación. En tanto, la tierra por trabajador no tiene un impacto significativo sobre los flujos comerciales de bienes con contenido tecnológico de la CAN.

6. Conclusiones

En este trabajo se estudia la importancia del progreso tecnológico en los flujos comerciales de los países de la CAN: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. En general, cuando se analiza el comercio bilateral agregado las variables que captan el impulso innovador no tienden a aumentar el flujo comercial de estos países los cuales se han especializado en exportar productos primarios. Sin embargo, cuando se estudia el comercio por clasificación tecnológica la capacidad de innovación ejerce un efecto positivo y significativo sobre los bienes con contenido tecnológico (bajo, mediano y alto),

como era de esperarse, el progreso tecnológico si influye en los flujos comerciales de estas mercancías. Pero, para los productos primarios y las manufacturas intensivas en recursos naturales las variables tecnológicas no tienden a influir en el comercio a excepción de las solicitudes de patentes que tienen un impacto significativo en el corto plazo ya que se han solicitado patentar procesos en la fabricación de bebidas alcohólicas, tabaco manufacturado, productos basados en pulpa de papel, fibras textiles, productos químicos y derivados del petróleo durante los últimos años.

El análisis histórico permite inferir que la relación entre la capacidad de innovación y el comercio internacional en América Latina es muy débil, pues su estructura productiva se concentra en bienes primarios y en manufacturas de baja tecnología y sus procesos de innovación tecnológica son incipientes comparados con los de potencias como Estados Unidos, China, Alemania y Japón. La apertura comercial de los años 90 permitió que los países de la Comunidad Andina de Naciones se concentraran en la producción de bienes primarios obligándolos a importar más del 50% productos de bajo, mediano y alto contenido tecnológico. Por tanto, los países de la CAN deberán realizar esfuerzos adicionales en investigación y desarrollo, incentivar el conocimiento científico a través de las publicaciones académicas, e impulsar la ciencia y la tecnología por medio de las solicitudes de patentes, los cuales son fundamentales para impulsar el progreso tecnológico (Castellaci y Natera, 2013).

Cuando se estudia la magnitud del impacto de los inputs y outputs de la capacidad de innovación, el análisis empírico evidencia que el progreso tecnológico no tiene un impacto positivo y significativo en los flujos comerciales de los países de la Comunidad Andina. Por el contrario, las abundancias factoriales, como la tierra y el trabajo, son importantes a la hora de explicar los flujos bilaterales del comercio. Lo anterior, es consistente con lo hallado por Díaz (2014) y refuta la hipótesis inicial de la presente investigación, sin embargo la innovación tecnológica de los socios comerciales de la CAN influye positivamente en los flujos bilaterales poniendo en evidencia la necesidad de llevar a cabo procesos de transferencia de tecnología en los países menos avanzados.

Por otra parte, este trabajo avanzó en proporcionar evidencia a favor del sesgo productivo en bienes primarios y manufacturas en baja y mediana tecnología, mostrando la manera en que las economías de la CAN y sus socios comerciales se relacionan y articulan comercialmente, en un mundo globalizado y con grandes diferencias en los sistemas de

innovación tecnológica entre los países del sur y las economías del norte. *Tecnológicamente son diferentes, pero comercialmente se complementan.* Sin embargo, en el actual contexto, la integración económica y la mayor apertura del comercio han dado lugar a un mayor nivel de difusión de la tecnología, así como a un aumento de la movilidad y de la acumulación de los factores productivos a lo largo del tiempo. De acuerdo con el Informe Mundial de Comercio (2013) el resultado de este contexto es que los países ya no estarán tan especializados en la exportación de productos concretos, y la composición de sus exportaciones tenderá a diversificarse paulatinamente. Por tanto, a los países de la CAN les conviene, en términos de política, desarrollar su capacidad de absorción tecnológica (inversión en I+D, aumento de solicitud de patentes e incentivos para la publicación científica) que conlleve gradualmente a un cambio en la distribución productiva de sus ventajas comparativas.

Finalmente, es prudente advertir que las aportaciones empíricas sobre la relación entre la innovación tecnológica y los flujos bilaterales de comercio son importantes, pero es necesario plantearse las siguientes preguntas: ¿Qué pasaría si Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú se enfocan fuertemente en los procesos de innovación tecnológica? ¿Perderían o ganarían importancia en el comercio actual? ¿La CAN logrará cambiar su estructura productiva hacia bienes con alto contenido tecnológico teniendo en cuenta su articulación actual con el mundo globalizado? Por tanto, las futuras investigaciones deben enfocarse en las diferentes reformas que cambiaron el sistema de industrialización en Latinoamérica para determinar el aporte que ejercen a la relación entre progreso tecnológico y comercio internacional.

Referencias bibliográficas

- Alcorta, L. and Peres, W. (1997). "Innovation systems and technological specialization in Latin America and the Caribbean". *Research Policy*, No 26, pp 857-881.
- Álvarez, I. y Da Silva, N. (2009). "Intervalos de confianza para el ciclo del PIB uruguayo". Serie de documentos de trabajo, Universidad de la República.
- Baier, S. and Bergstrand, H. (2006). "Do Free Trade Agreements Actually Increase Members' International Trade?". *Journal International Economic*, 71(1), pp. 72-95.
- Beck, N. (2001). "Time-series cross-section data: What have we learned in the past few years?". *Annual Review of Political Science*, 4, pp. 271-293.
- Cafiero, J. (2005). "Modelos Gravitacionales para el Análisis del Comercio Exterior". *Revista del Comercio Exterior e Integración*. Madrid, España.
- Cárdenas, M. y García, C (2004). "El Modelo Gravitacional y el TLC entre Colombia y Estados Unidos". *Documentos de Trabajo, Fedesarrollo*, No 27.
- Carrère C. (2006). "Revisiting the Effects of Regional Trade Agreements on Trade Flows with Proper Specification of the Gravity Model". *Euro Economic Review*, 50(2), pp. 223-47.
- Castellaci, F. and Natera, J. (2013). "The Dynamics of National Innovation Systems: A Panel Cointegration Analysis of the Coevolution between Innovative Capability and Absorptive Capacity". *Research Policy* 42, pp. 579-594.
- Castellaci, F. and Natera, J. (2016). "Innovation, Absorptive Capacity and Growth Heterogeneity: Development Paths in Latin America 1970–2010". *Structural Change and Economic Dynamics* 37, pp. 27–42.
- Castellani, D., Jiménez, A and Zanfei A. (2011). "The Gravity of R&D FDI's". DIME Final Conference,, Maastricht.
- Coe, D. and Helpman, E. (1993). "International R&D Spillovers". National Bureau of Economic Research (NBER), Working Paper no 4444.
- Coe, D., Helpman, E. and Hoffmaister, A. (1995). "North-South R&D spillovers". NBER, Working Paper 5048.
- Cimoli, M. y Primi A. (2004). "Las Políticas Tecnológicas para la Creación y Difusión del Conocimiento en América Latina y el Caribe", mimeo, DDPE, CEPAL.

- Cimoli, M., Ferraz, J. and Primi A. (2005). "Science and technology policies in open economies: The case of Latin America and the Caribbean". CEPAL, Desarrollo Productivo, Serie 165.
- Davison, A. y Hinkley, D. (1997). "Bootstraps Methods and their Application". Cambridge University Press.
- Díaz, V. (2014). "¿Se cumple la teoría neoclásica del comercio internacional?: el caso colombiano entre 1980 y 2012". Sociedad y Economía, No 27, pp. 177-206.
- Furman, J., Porter, M., and Stern, S., (2002). "The Determinants of National Innovative Capacity". Research Policy 31, pp. 899–933.
- Harrigan, J. (2001). "Specialization and the Volume of Trade: Do the Data Obey the Laws?" NBER Working Papers 8675, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Head, K. y T. Mayer (2004), "The empirics of agglomeration and trade", en J.V. Henderson y J. F. Thisse (comp.), Handbook of Regional and Urban Economics (volumen 4).
- Hong, P. (1999) "Import elasticities revisited" DESA Discussion paper N10, United Nations.
- Informe Mundial de Comercio (2005). "Análisis entre los vínculos del Comercio, las Normas y la OMC". Organización Mundial de Comercio.
- Informe Mundial de Comercio (2013). "Factores que Determinan el Futuro del Comercio". Organización Mundial de Comercio.
- Josheski, D. y Fotov, R. (2013). "Gravity modeling: International trade and R&D". International Journal of Business Management and Administration Vol. 2(5), pp. 073-080.
- Krugman, P. R. (1991), "Increasing Returns and Economic Geography", Journal of Political Economy 99(3): 483-499.
- Krugman, P. (1998), "What's new about the new economic geography?", Oxford Review of Economic Policy 14(2): 7-17.
- Lall, S. (2000) "The Technological Structure and Performance of Developing Country Manufactured Exports, 1985-98". En Oxford Development Studies, Volume 28, Issue 3, October, P. 337.
- Lederman, D. and Maloney W. (2003). "Innovation in Mexico: NAFTA is not Enough". World Bank, mimeo.

- Leitner, S., Stehrer, R. and Dachs B. (2012). "The Gravity of Cross-border R&D Expenditure". Vienna Institute for International Economic Studies, Working Paper No 91.
- López, D. y Muñoz, F. (2008). "Los Modelos de Gravedad en América Latina: el Caso de Chile y México". Comercio Exterior, Vol 58, No 11.
- Marimoutou, V., Peguin, D. and Peguin-Feissolle, A. (2010). "The "distance-varying" gravity model in international economics: is the distance an obstacle to trade?". GREQAM, Document de Travail, n°2010-42.
- Márquez, L. y Martínez, I. (2010). "The Effect of Technological Innovation on International Trade". Economics E-Journal, Vol 4.
- Mirza, D. and Zitouna, H. (2010). "Oil prices, geography and endogenous regionalism: Too much ado about (almost) nothing,". CEPREMAP Working Papers (Docweb) 1009.
- Montobbio, F. and Sterzi, V. (2011). "Inventing Together: Exploring the Nature of International Knowledge Spillovers in Latin America". Journal of Evolutionary Economics, 21 (1), 53-89.
- Nitsch, V. (2000). "National Borders and International Trade: evidence from the European Union". Can J Econ, 33(4), pp. 1091-105.
- Nowak-Lehmann F., Herzer, D. and Vollmer, S. (2007). "The Free Trade Agreement Between Chile And The Eu: Its Potential Impact On Chile Export Industry". Applied Econometrics and International Development, Euro-American Association of Economic Development, vol. 7(1).
- Ortiz, C. (2009). "La Desaceleración Económica Colombiana: se Cosecha lo que se Siembra". Revista de Economía Institucional, Vol 2, No 21, pp 107-137.
- Oura, M., Zilver, S. and Lopes, E. (2016). "Innovation Capacity, International Experience and Export Performance of SMEs in Brazil". International Business Review 25, pp. 921–932.
- Perroux, F. (1971). "El teorema de heckscher-ohlin-samuelson. la teoría del comercio internacional y el intercambio desigual". Separata de cuadernos franco-españoles de economía, núm. 1. Madrid, España.
- Picci, L. (2010). "The Internationalization of Inventive Activity: A Gravity Model Using Patent Data". Research Policy, 39 (8), 1070-1081.
- Pöyhönen, P. (1963). "A tentative model for the volume of trade between countries". Weltwirtschaftliches Archive, 90, pp. 93-99.

- Raffo, L. (2012). “Una Reconstrucción Milliana del Modelo Ricardiano del Comercio Internacional”. Cuadernos de Economía, Vol. 31, No. 56, pp. 21-56.
- Raffo, L., Díaz, A. y Casas, J. (2016). “Retos y oportunidades del Acuerdo de Asociación Transpacífico para los países de la Alianza del Pacífico”. En De Miranda, M. y Peláez J. T., Las relaciones Económicas entre América Latina y Asia. Hacia la construcción de una nueva inserción internacional, Cali, Colombia. Centro de Pensamiento sobre Asia y Pacífico. Cali: Sello Editorial Javeriano, pp-159-211.
- Resumenes, (1976). “Staff Papers (International Monetary Fund)”. 23(1), 287-294. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3866675>.
- Ricardo, D. (1821). “On the Principles of Political Economy and Taxation”. London: John Murray, 3th edition.
- Roca, S, (2012). “Especialización tecnológica en el Comercio Exterior del Perú: un Análisis Comparado con Corea, China, Colombia y México”. Revista de Ciencias Sociales, Vol. XVIII, No. 1.
- Rose, A. (2000). “Currency Unions-One Money, One Market: The Effect of Common Currencies on Trade”. Economic Policy, 15(30), pp. 7-45.
- Sánchez, P. y Vicens, J. (1994). “Competitividad Exterior y Desarrollo Tecnológico”. Información Comercial Española, No 726, pp. 99-115.
- Sierra, M. y Martínez, A. (2009). “Impacto del Proceso de Integración Europea sobre las exportaciones de Castilla y León (1993-2007): un análisis econométrico a partir de la Ecuación de Gravedad”. Estudios de Economía Aplicada, vol. 27-3, pp. 1-34.
- Trefler, D. (1993). “International Factor Price Differences: Leontief was right”. The Journal of Political Economy, vol. 101, no. 6, pp. 961-987, the University of Chicago press.
- Tinbergen, J. (1962). “Shaping the World Economy: Suggestions for an International”. Economic Policy, Nueva York, The Twentieth Century Fund.
- Varsakelis, N. (2006). Education, political institutions and innovative activity: a cross-country empirical investigation. Research Policy 35, pp. 1083–1090.

Anexo 1: Clasificación tecnológica de bienes (SITC, revisión 2, 3 dígitos)

Tabla 1.1: clasificación Lall (2000) productos primarios.

Código SITC	Productos primarios
1	Animales vivos
11	Carne y menudencias comestibles, frescos, refrigerados o congelados
22	Leche y nata
25	Huevos, aves y yemas de huevo, frescos, secos y conservas
34	Pescado fresco, refrigerado o congelado
36	Crustáceos y moluscos, frescos, refrigerados, congelados, salados, etc.
41	Trigo y morcajo, sin moler
42	Arroz
43	Cebada, sin moler
44	Maíz, sin moler
45	Cereales, sin moler
54	Hortalizas, frescas o simplemente preservadas
57	Frutas u otros frutos, frescos, secos
71	Café y sustitutos del café
72	Cacao
74	Té y mate
75	Especias
81	Pienso para animales (excepto cereales sin moler)
91	Margarina y manteca
121	Tabaco sin elaborar
211	Cueros y pieles, con excepción de las pieles en bruto
212	Peletería, sin curtir
222	Semillas y frutos oleaginosos, entero o partido, para aceite fijo "suaves"
223	Semillas y frutos oleaginosos, entero o partido, para otros aceites fijos
232	Látex de caucho natural
244	Corcho natural, crudo, desperdicios
245	Leña y carbón vegetal
246	Pulpa de madera (incluyendo las virutas y residuos de madera)
261	Seda
263	Algodón
268	Lana y otros pelos de animales (con exclusión de las tapas)
271	Fertilizantes, crudo
273	Piedra, arena y grava
274	Azufre y piritas de hierro sin tostar
277	Abrasivos naturales
278	Otros minerales en bruto
291	materiales crudos de origen animal
292	materiales crudos de origen vegetal
322	Hulla, lignito y turba
333	El petróleo y de aceites crudos obtenidos de minerales bituminosos
341	Gas natural y manufacturado
681	Plata, platino y otros metales del grupo del platino

682	Cobre
683	Níquel
684	Aluminio
685	Plomo
686	Zinc
687	Estaño

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.2: clasificación Lall (2000) manufacturas basadas en recursos naturales.

Código SITC	Manufacturas basadas en recursos naturales
12	Carne y menudencias comestibles en salmuera, secos, salados o ahumados
14	Carne y menudencias comestibles, preparados o en conservas
23	Mantequilla
24	Quesos y requesón
35	Pescado, secos, salados o en salmuera
37	Peces, crustáceos y moluscos, preparados o en conserva
46	Las harinas de trigo y harina de morcajo
47	Otras comidas de cereales y harinas
48	Cereales, harina o almidón en preparaciones de frutas u hortalizas
56	Hortalizas, raíces y tubérculos, preparados o en conserva
58	Frutas en conserva y preparados de frutas
61	Azúcar y miel
62	Confitería y preparados de azúcar, que no es chocolate
73	Chocolate y otras preparaciones que contengan cacao
98	Productos y preparados comestibles
111	Bebidas no alcohólicas
112	Bebidas alcohólicas
122	Tabaco, manufacturado
233	Caucho, sintético, regenerado
247	Otros tipos de madera en bruto o simplemente escuadrada
248	Madera poco trabajada y traviesas de ferrocarril de madera
251	Pulpa y residuos de papel
264	Yute o demás fibras textiles de hilaza, en bruto pero sin hilar
265	Fibras textiles de origen vegetal, con exclusión de algodón
269	Residuos textiles
281	El mineral de hierro y sus concentrados
282	Hierro y chatarra de acero
286	Uranio, Torio
287	Minerales y concentrados de metales comunes
288	Residuos de metales comunes no ferrosos y desechos
289	Minerales y concentrados de metales preciosos, residuos, desechos
323	Briquetas
334	Productos derivados del petróleo, refinado
335	Productos residuales derivados del petróleo, materiales relacionados

411	Aceites y grasas animales
431	Aceites animales, vegetales y grasas, ceras y procesados
423	Aceites vegetales fijos, suaves
424	Aceites vegetales fijos, no suaves
511	Hidrocarburos y derivados
514	Compuestos de funciones nitrogenadas
515	Compuestos heterocíclicos y orgánicos e inorgánicos
516	Otros productos químicos orgánicos
522	Elementos químicos inorgánicos, óxidos y halogenuros
523	Otros productos químicos inorgánicos
531	Tinte sintético, índigo natural
532	Extractos tintóreos y curtientes, y materiales curtientes sintéticos
551	Aceites esenciales, materiales para perfumes y sabores
592	Almidones, insulina y gluten de trigo
621	Materiales de caucho
625	Neumáticos de caucho, interior y solapas, para ruedas de cualquier clase
628	Artículos de caucho
633	Fabricantes de corcho
634	Chapas, madera terciada, madera y otras maderas "mejorada" , trabajadas
635	Manufacturas de madera
641	Papel y cartón
661	Cal, cemento y materiales de construcción fabricados
662	Arcilla y materiales refractarios de construcción
663	Manufacturas de minerales
664	Vidrio
667	Perla, piedras preciosas y semipreciosas, en bruto o trabajadas
688	Uranio, Torio y aleaciones
689	Metales comunes no ferrosos, empleados en la metalurgia

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.3: clasificación Lall (2000) manufacturas de baja tecnología.

Código SITC	Manufacturas de baja tecnología
611	Cuero
612	Manufacturas de cuero natural o regenerado
613	Pieles finas curtidas o adobadas
642	Papel y cartón, recorte, y artículos de papel o cartón
651	Hilados textiles
652	Tejidos de algodón (excepto tejidos estrechos o especiales)
654	tejidos de fibras textiles, excepto de algodón o de fibras sintéticas
655	Tejidos de punto (incluyendo tubular, telas)
656	Tules, encajes, bordados, cintas, pasamanería y otras mercancías pequeñas
657	Telas especiales y productos relacionados
658	artículos confeccionados, total o parcialmente de materias textiles
659	revestimientos para el suelo, etc.

665	Cristalería
666	cerámica
673	Hierro y acero, barras, varillas, perfiles y secciones
674	Los universales, placas y hojas, de hierro o acero
675	Hierro, aros de acero
676	Carriles ferroviarios
677	Alambre de hierro o acero (excepto el alambrón), sin aislar
679	Hierro, fundición de acero, forja y estampación, en el estado bruto
691	Construcciones y sus partes, de hierro, acero o aluminio
692	Los recipientes metálicos para el almacenamiento y el transporte
693	Artículos de alambre (excepto los cables eléctricos con aislamiento)
694	Clavos, tornillos, tuercas, pernos, remaches, de hierro, acero o cobre
695	Herramientas para uso en la mano o en máquinas
696	Cuchillería
697	equipos domésticos de metales comunes
699	Manufacturas de metales comunes
821	Muebles y sus partes
831	artículos de viaje, bolsos de mano, etc., de cuero, plásticos, textiles, otros
842	prendas de vestir exteriores, impermeables, chaquetones, y tejidos textiles
843	Para mujer, las niñas, los niños prendas de vestir exteriores, textil
844	Debajo de la ropa, de tejidos, excepto los de punto
845	La prendas de vestir excepto los de punto no elástico y sin cauchutar
846	Vestidos de punto
847	complementos de vestir, tejidos textiles
848	Prendas, accesorios de vestir, no textil, sombrerería
851	Calzado
893	Artículos de materiales plásticos
894	el transporte de niños, juguetes, juegos y artículos de deporte
895	De oficina y papelería
897	Oro, Artículos de joyería, joyas y artículos de materiales preciosos
898	Instrumentos musicales, sus partes y accesorios
899	Otros artículos manufacturados diversos

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.4: clasificación Lall (2000) manufacturas de mediana tecnología.

Código SITC	Manufacturas de Mediana tecnología
266	Rollos de fibras sintéticas
267	Otras fibras sintéticas o artificiales
512	Alcoholes, fenoles, etc., y sus derivados
513	Los ácidos carboxílicos, y sus derivados
533	Pigmentos, pinturas, barnices y materiales relacionados
553	Perfumería, cosméticos, productos de tocador, etc.

554	Jabón, limpieza y abrillantamiento
562	Fertilizantes, fabricados
572	Explosivos, productos para pirotecnia
582	Condensación, poli condensación y productos de poli adición
583	Productos de polimerización y copolimerización
584	Derivativos de celulosa
585	Material de plástico
591	Pesticidas, desinfectantes
598	productos químicos diversos
653	Telas, tejidas, de fibras sintéticas o artificiales (no tejidos especiales)
671	Arrabio
672	Lingotes y otras formas primarias de hierro o acero
678	Tubos, tuberías y accesorios, de hierro o acero
711	Calderas de vapor y aparatos auxiliares
713	Motores de combustión interna de émbolo, y sus partes
714	Máquinas y motores
721	Maquinaria agrícola (excepto tractores) y sus partes
722	Los tractores no de carretera
723	La ingeniería civil, contratistas y equipos de la planta y sus partes,
724	Maquinaria textil y de cuero, y sus partes
725	Papel y maquinaria de fabricación de papel, y sus partes
726	La impresión, la encuadernación, y sus partes,
727	Máquinas de procesamiento de alimentos (no domésticos) y sus partes
728	Otra maquinaria, equipos, para las industrias especializadas
736	Maquinaria, herramienta para trabajar los metales, piezas y accesorios,
737	Maquinaria para metalurgia
741	Calefacción y refrigeración de equipos y sus partes,
742	Bombas para líquidos
743	Bombas, compresores
744	El equipo mecánico de manipulación, y sus partes
745	Otra maquinaria no eléctrica, herramientas y aparatos mecánicos
749	Partes que no sean eléctricos y accesorios de máquinas
762	Aparatos receptores de radiodifusión
763	Gramófonos, aparatos para dictar y otras grabadoras de sonido
772	Aparatos eléctricos para abrir y cerrar circuitos eléctricos
773	Equipo para la distribución de energía eléctrica
775	Equipamiento doméstico

781	Vehículos de motor de pasajeros (con exclusión de los autobuses)
782	Camiones y vehículos de motor con fines especiales
783	Vehículos automotores con excepción de buses
784	Piezas de vehículos de motor y accesorios
785	Ciclos, scooter, motorizados o no
786	Remolques y otros vehículos, sin motor
791	vehículos ferroviarios
793	Los buques, embarcaciones y estructuras flotantes
812	Sanitarios, fontanería, calefacción, instalaciones de alumbrado
872	Instrumentos y aparatos médicos
873	Metros y contadores
882	Materiales fotográficos y cinematográficos
884	Artículos de óptica
885	Relojes
951	Vehículos blindados de combate, armas de fuego, municiones de guerra

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.5: clasificación Lall (2000) manufacturas de alta tecnología.

Código SITC	Manufacturas de Alta tecnología
524	Aparatos eléctricos rotativos
541	Los productos medicinales y farmacéuticos
712	Los motores de vapor, turbinas
716	Aparatos eléctricos rotativos y sus partes
718	Otros equipos para generación de energía y sus partes
751	Máquinas de oficina
752	Máquinas y sus unidades de procesamiento automáticos de datos
759	Piezas y accesorios de máquinas 751 o 752
761	Los receptores de televisión
764	Equipamiento de telecomunicaciones
771	Maquinaria eléctrica de potencia, y sus partes
774	Electromédicos y equipos radiológicos
776	Lámparas, microcircuitos, transistores, válvulas, etc.
778	Maquinaria y aparatos eléctricos
792	Aeronaves y equipos asociados, y sus partes
871	Instrumentos y aparatos ópticos
874	Instrumentos de medida, control, análisis
881	Aparatos fotográficos y equipo

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.6: participación promedio por décadas del flujo comercial (%).

Bolivia	Exportaciones				Importaciones			
Clasificación Lall (2000)	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013
Productos primarios	66,4	42,9	58,0	68,7	12,5	6,6	7,2	3,8
Manufacturas basadas en recursos	31,6	40,3	30,1	28,0	16,4	17,1	23,5	26,3
Manufacturas de baja tecnología	1,6	10,	7,3	2,3	14,4	13,9	17,4	17,0
Manufacturas de mediana tecnología	0,4	2,0	2,5	1,0	47,9	50,3	42,0	44,3
Manufacturas de alta tecnología	0,0	4,8	2,1	0,1	8,8	12,2	9,9	8,6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.7: participación promedio por décadas del flujo comercial (%).

Colombia	Exportaciones				Importaciones			
Clasificación Lall (2000)	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013
Productos primarios	70,3	61,4	52,6	70,2	13,8	11,6	11,6	9,1
Manufacturas basadas en recursos	14,5	13,8	16,7	13,4	23,4	21,5	18,6	22,7
Manufacturas de baja tecnología	9,5	13,6	12,4	5,4	9,1	12,5	13,6	13,8
Manufacturas de mediana tecnología	5,0	9,7	15,7	9,2	43,4	39,1	37,6	36,2
Manufacturas de alta tecnología	0,7	1,4	2,6	1,7	10,3	15,3	18,5	18,3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.8: participación promedio por décadas del flujo comercial (%).

Ecuador	Exportaciones				Importaciones			
Clasificación Lall (2000)	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013
Productos primarios	87,3	83,8	77,2	80,3	10,2	9,8	11,3	10,0
Manufacturas basadas en recursos	11,4	11,2	15,6	13,6	17,9	16,9	20,5	30,5
Manufacturas de baja tecnología	0,6	2,3	2,8	2,3	11,0	12,0	14,3	11,4
Manufacturas de mediana tecnología	0,5	2,1	3,6	3,3	48,2	48,8	40,9	35,0
Manufacturas de alta tecnología	0,2	0,5	0,7	0,5	12,7	12,4	13,0	13,1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Tabla 1.9: participación promedio por décadas del flujo comercial (%).

Perú	Exportaciones				Importaciones			
Clasificación Lall (2000)	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2013
Productos primarios	48,5	54,7	42,9	35,4	20,3	20,0	22,9	18,1
Manufacturas basadas en recursos	37,0	29,1	41,5	53,0	20,3	19,6	17,7	18,2
Manufacturas de baja tecnología	11,1	13,1	12,5	8,0	8,7	11,3	13,8	15,1
Manufacturas de mediana tecnología	3,1	2,6	2,7	3,2	40,5	38,2	34,8	38,1
Manufacturas de alta tecnología	0,4	0,6	0,4	0,4	10,2	10,8	10,7	10,6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: cálculos propios con base en datos de UNCOMTRADE.

Anexo 2: Socios Comerciales de los Países

Tabla 2.1: Socios comerciales de Bolivia.

Alemania	Arabia Saudita	Argentina	Australia	Austria
Bélgica	Brasil	Bulgaria	Canadá	Chile
China	Colombia	Corea del Sur	Costa Rica	Dinamarca
Ecuador	El Salvador	España	Estados Unidos	Filipinas
Finlandia	Francia	Grecia	Guatemala	Holanda
Hungría	India	Indonesia	Irán	Irlanda
Israel	Italia	Japón	Jordania	Malasia
México	Noruega	Nueva Zelanda	Pakistán	Panamá
Paraguay	Perú	Polonia	Portugal	Reino Unido
Republica Checa	Rumania	Singapur	Suecia	Suiza
Tailandia	Uruguay	Venezuela		

Fuente: cálculos propios.

Tabla 2.2: Socios comerciales de Colombia.

Alemania	Arabia Saudita	Argelia	Argentina	Australia
Austria	Bahamas	Barbados	Bélgica	Bermuda
Bolivia	Brasil	Bulgaria	Camerún	Canadá
Chile	China	Corea del Sur	Costa de Marfil	Costa Rica
Cuba	Dinamarca	Ecuador	Egipto	El Salvador
EAU	España	Estados Unidos	Filipinas	Finlandia
Francia	Grecia	Guatemala	Haití	Holanda
Honduras	Hungría	India	Indonesia	Irán
Irlanda	Islandia	Israel	Italia	Jamaica
Japón	Kuwait	Líbano	Liberia	Libia
Madagascar	Malasia	Marruecos	México	Nicaragua

Nigeria	Noruega	Nueva Zelanda	Pakistán	Panamá
Paraguay	Perú	Polonia	Portugal	Reino Unido
R. Checa	R. Dominicana	Rumania	Rusia	Senegal
Singapur	Sri Lanka	Sudáfrica	Sudán	Suecia
Suiza	Suriname	Tailandia	Trinidad y Tobago	Túnez
Turquía	Uruguay	Venezuela	Vietnam	

Fuente: cálculos propios.

Tabla 2.3: Socios comerciales de Ecuador.

Alemania	Arabia Saudita	Argelia	Argentina	Australia
Austria	Bélgica	Bolivia	Brasil	Bulgaria
Canadá	Chile	China	Colombia	Corea del Sur
Costa Rica	Dinamarca	Egipto	El Salvador	España
Estados Unidos	Filipinas	Finlandia	Francia	Grecia
Guatemala	Haití	Holanda	Honduras	Hungría
India	Indonesia	Irán	Irlanda	Islandia
Israel	Italia	Jamaica	Japón	Jordania
Libia	Malasia	Marruecos	México	Nicaragua
Noruega	Nueva Zelanda	Pakistán	Panamá	Paraguay
Perú	Polonia	Portugal	Reino Unido	R. Checa
R. Dominicana	Rumania	Rusia	Singapur	Sudáfrica
Suecia	Suiza	Tailandia	Trinidad y Tobago	Túnez
Turquía	Uruguay	Venezuela		

Fuente: cálculos propios.

Tabla 2.4: Socios comerciales de Perú.

Alemania	Arabia Saudita	Argelia	Argentina	Australia
Austria	Bahamas	Bangladesh	Barbados	Bélgica
Bolivia	Brasil	Bulgaria	Camerún	Canadá
Chile	China	Chipre	Colombia	Congo
Corea del Sur	Costa de Marfil	Costa Rica	Cuba	Dinamarca
Ecuador	Egipto	El Salvador	EAU	España
Estados Unidos	Filipinas	Finlandia	Francia	Ghana
Grecia	Guatemala	Haití	Holanda	Honduras
Hungría	India	Indonesia	Irán	Irlanda
Israel	Italia	Jamaica	Japón	Jordania
Líbano	Liberia	Libia	Madagascar	Malasia
Marruecos	México	Nicaragua	Nigeria	Noruega
Nueva Zelanda	Pakistán	Panamá	Paraguay	Polonia
Portugal	Reino Unido	R. Checa	R. D. del Congo	R. Dominicana
Rumania	Rusia	Singapur	Sri Lanka	Sudáfrica
Suecia	Suiza	Tailandia	Trinidad y Tobago	Túnez
Turquía	Uruguay	Venezuela	Vietnam	

Fuente: cálculos propios.

Anexo 3: rezagos óptimos, pruebas de estabilidad, y pruebas de normalidad, autocorrelación y heteroscedasticidad de los residuos del sistema VAR

Tabla 3.1: Rezagos Óptimos de los modelos VAR.

Criterio de rezagos óptimos	Productos primarios	Recursos naturales	Baja tecnología	Mediana tecnología	Alta tecnología
Akaike Info Criterion	5	5	5	5	5
Final Prediction Error	5	5	5	5	5
Hannan-Quinn	5	5	5	5	5
Schwarz Criterion	5	5	5	5	5

Fuente: Cálculos propios.

Tabla 3.2: Prueba de autocorrelación de Pormanteau.

Prueba	Productos primarios	Recursos naturales	Baja tecnología	Mediana tecnología	Alta tecnología
Pormanteu	238.6	264.5	262.6	323.9	250.6
Estadístico: $Q_{bp} = n \sum_{k=1}^m R^2 k \sim \chi^2$					
Planteamiento de hipótesis: Ho: no autocorrelación Ha: autocorrelación		Regla de decisión: Rechace Ho si la probabilidad es menor o igual a 0.05 No rechace Ho si la probabilidad es mayor a 0.05			

P-valor: *<0.1;**<0.05;***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

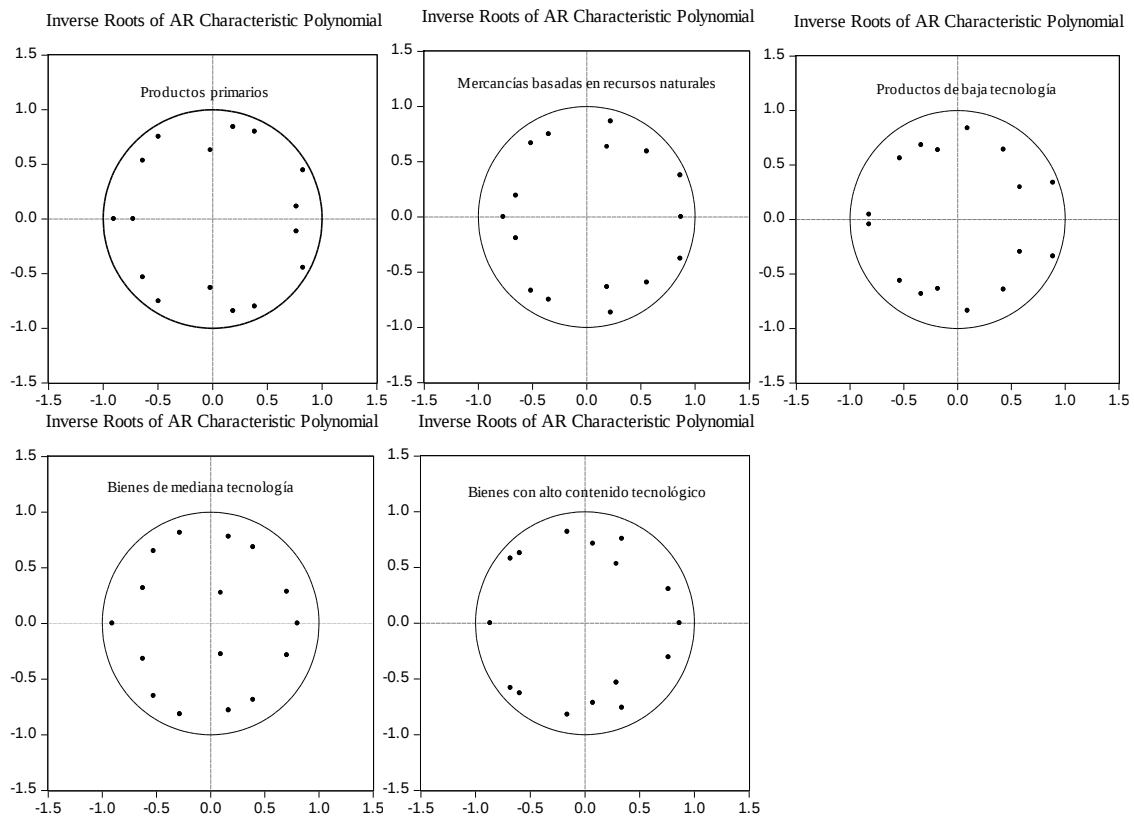
Tabla 3.3: Prueba de heteroscedasticidad sin término cruzado.

Prueba	Productos primarios	Recursos naturales	Baja tecnología	Mediana tecnología	Alta tecnología
Joint	168.12	154.96	157.31	162.82	168.12
Estadístico: $CHI = T * R^2 \sim \chi^2$					
Planteamiento de hipótesis: Ho: residuos homocedásticos Ha: residuos heterocedásticos		Regla de decisión: Rechace Ho si la probabilidad es menor o igual a 0.05 No rechace Ho si la probabilidad es mayor a 0.05			

P-valor: *<0.1;**<0.05;***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

Gráfico 3.1: Pruebas de estabilidad



Fuente: Cálculos propios.

Tabla 3.4: Prueba de normalidad de Jarque-Bera.

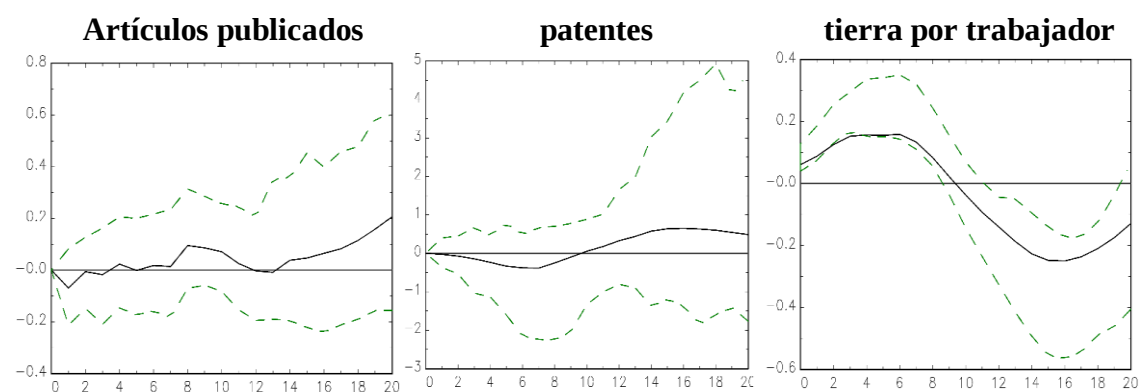
Componente o variable	Productos primarios	Recursos naturales	Baja tecnología	Mediana tecnología	Alta tecnología
u_1	0.33	0.56	0.27	0.67	0.27
u_2	0.70	1.28	2.68	1.56	0.26
u_3	1.99	0.39	2.59	3.60	1.40
u_4	0.29	1.83	4.42	2.55	3.03
Estadístico: $JB = \frac{N-k}{6}(s^2 + \frac{1}{4}(k-3)^2) \sim \chi^2$					
Planteamiento de hipótesis: Ho: JB=0 (residuos son normales) Ha: JB≠0 (residuos no son normales)		Regla de decisión: Rechace Ho si la probabilidad es menor o igual a 0.05 No rechace Ho si la probabilidad es mayor a 0.05			

P-valor: *<0.1;**<0.05;***<0.01

Fuente: Cálculos propios.

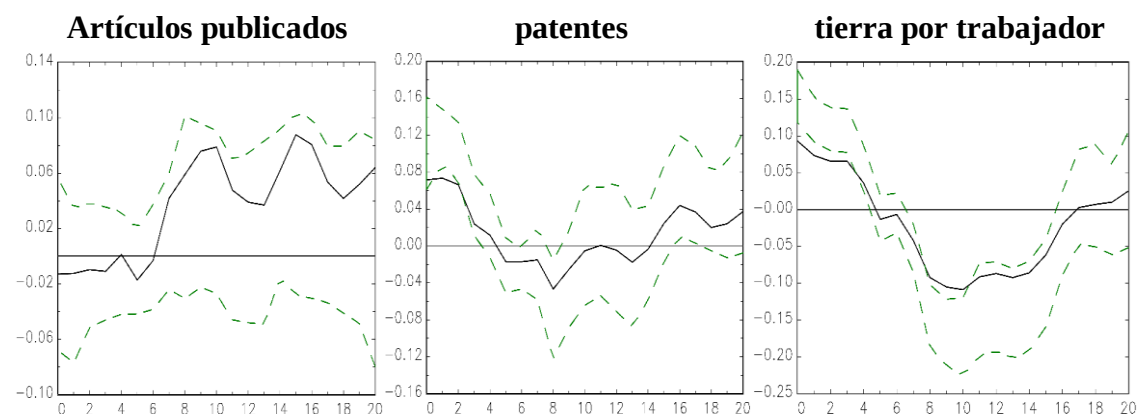
Anexo 4: Análisis de Impulsos-Respuesta

Grafica 4.1: Efectos de un impulso del número de artículos publicados, patentes y capital por trabajador sobre el flujo comercial de bienes primarios



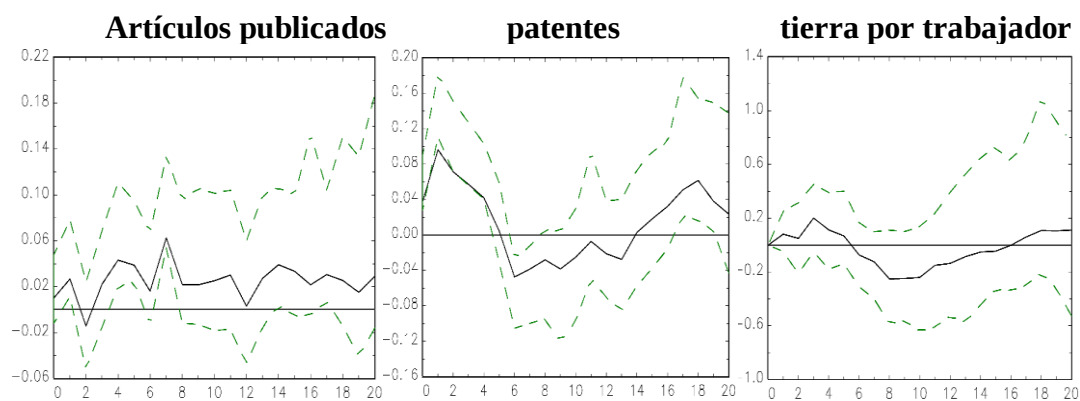
Fuente: Cálculos propios.

Grafica 4.2: Efectos de un impulso del número de artículos publicados, patentes y capital por trabajador sobre el flujo comercial de mercancías basadas en recursos



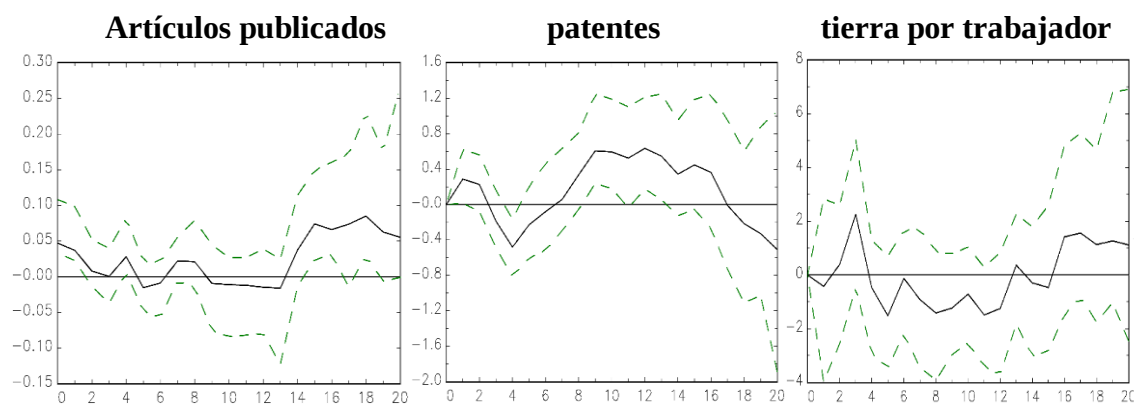
Fuente: Cálculos propios.

Grafica 4.3: Efectos de un impulso del número de artículos publicados, patentes y capital por trabajador sobre el flujo comercial de productos de baja tecnología



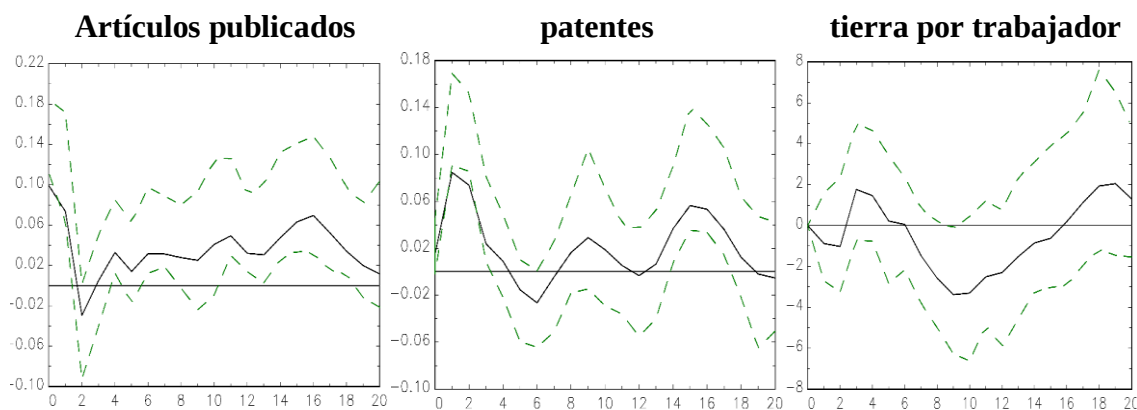
Fuente: Cálculos propios.

Grafica 4.4: Efectos de un impulso del número de artículos publicados, patentes y capital por trabajador sobre el flujo comercial de bienes de mediana tecnología



Fuente: Cálculos propios.

Grafica 4.5: Efectos de un impulso del número de artículos publicados, patentes y capital por trabajador sobre el flujo comercial de bienes con alto contenido tecnológico



Fuente: Cálculos propios.