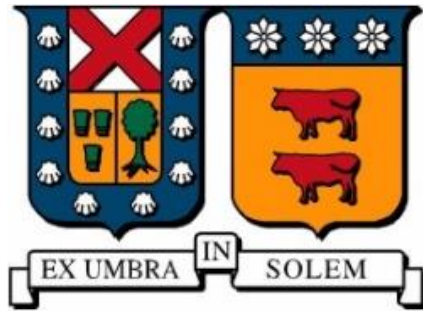




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**IMPACTO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA ENDÓGENA SOBRE EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO: CHILE VS. OCDE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.

AUTOR

FERNANDA ESTER NEIRA PARODI

PROFESOR GUÍA

RODOLFO SALAZAR ALBORNOZ

PROFESOR CORREFERENTE

GONZALO AMÉSTICA HERNÁNDEZ

VALPARAÍSO, 6 DE SEPTIEMBRE, 2019

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el reflejo de la perseverancia que año tras año realicé para lograr lo que me propuse desde un comienzo.

Quiero agradecer a todas las personas que de alguna manera estuvieron presentes durante estos años, en primer lugar, a mi madre Rossana por su apoyo incondicional y en especial porque he llegado a donde estoy gracias a ella. También quiero agradecer a mis hermanas, Valentina y Javiera, que a pesar de las dificultades de la vida nos hemos apoyado para cumplir nuestros sueños, y por supuesto a mi hermanito perruno, Snoopy.

Agradezco a mi tía Esther, por acogerme en mi vida universitaria, quien hizo que me sintiera como en casa y por todos esos chocolates para el estrés. A mi abuela Ester, una maravillosa y admirable mujer, que gracias a esta etapa logré estar aún más cerca de ella, dándome como siempre alguna galletita al llegar de la universidad o pendiente de cada una de las evaluaciones, y como olvidar a mi compañera de estudio, la Chilo con su peculiar carácter.

También quiero agradecer a mis amigos que de una u otra forma nos apoyamos cada día para lograr nuestras metas y por haber hecho que esta etapa fuera más amena, especialmente a mi amiga, Paula, por su apoyo y compañerismo durante todos estos años, quien es más que solo una compañera de universidad es una amiga para la vida.

Por último, quiero agradecer a mi profesor guía, Rodolfo Salazar, quien me entregó las directrices necesarias para el desarrollo de este documento apoyándome en cada una de las dudas que surgían en el camino.

RESUMEN EJECUTIVO

Las diferencias en el crecimiento económico de los países es una de las grandes interrogantes que se han planteado tanto economistas como políticos, siendo considerada una de las causantes de aquellas diferencias el desarrollo a través de los años de la innovación tecnológica, la cual aumentaría la productividad de las economías.

Este estudio examina la relación entre la innovación tecnológica y el crecimiento económico de los países de la OCDE y Chile, caracterizando a la innovación por medio de las variables, formación bruta de capital fijo (FBC), gasto en I&D (GID), gasto público en educación (GPE), solicitudes de patentes (SPR) y exportaciones de bienes manufacturados de alta tecnología (ETM).

La obtención de los resultados es a través de la aplicación de herramientas de cointegración de datos de panel, para 31 países, entre los años 1960 y 2017, donde las series de datos son obtenidas de World Bank. En primer lugar, se realizan las pruebas de raíz unitaria en el nivel y en la primera diferencia, para luego realizar las pruebas de cointegración a la serie de los residuos de la combinación lineal correspondiente. El análisis de los resultados obtenidos es llevado a cabo a través de diversos modelos, en el largo plazo se desarrollaron los modelos SOLS, FMOLS y CCE, por último, se determinó la causalidad de las variables en estudio por medio de VECM.

A nivel general se puede concluir que en el largo plazo un mayor FBC, GID, GPE o ETM provoca un aumento en el crecimiento económico de los países en estudio. Por otro lado, en el corto plazo es relevante considerar que si se encuentra un país en un escenario de un mayor crecimiento económico al siguiente año se tendrá un aumento de las solicitudes de patentes por habitante. Para Chile se concluye que entre las variables FBC y GPE, la primera

de ellas es la que presenta un mayor impacto sobre el PIB, debido a que es una economía en la que aumentar los recursos es primordial para lograr un mayor crecimiento económico, concordando con la zona de Latinoamérica. Para complementar el estudio se realiza un análisis a un panel segmentado en base a la zona geográfica que pertenece el país, Europa, Asia, Norteamérica y Latinoamérica, determinándose que los países latinoamericanos tienen un fuerte impacto en el crecimiento económico a través de FBC, al ser países enfocados en la extracción de materias primas, en donde el gasto en I&D es considerado en el largo plazo un impacto negativo en el PIB. En cambio, en economías pioneras en I&D, Asia, Europa y Norteamérica, es considerado que el gasto destinado a aquello presenta un impacto positivo en el PIB, debido a que sus economías se encuentran basadas en la innovación y en la exportación de bienes de alta tecnología. Por otro lado, la segunda segmentación que es realizada corresponde a los cinco países que gastan más y menos en I&D y en educación, donde dependiendo de la agrupación se puede establecer en el largo plazo que un aumento de FBC, GID o GPE provocará un aumento en el PIB. Destacándose en el análisis a corto plazo que los países que destinan una mayor inversión en I&D, son aquellos que presentan una gran preocupación y dedicación por la innovación, es por ello se tiene una autocorrelación positiva de la variable GID, es decir, que se acumula año tras año. Además, en estos países si se presenta un mayor PIB entonces al siguiente año se tendrá un mayor gasto en I&D, ya que son economías que se basan en el conocimiento y la tecnológica.

Por último, en base los resultados obtenidos es posible identificar los rasgos más importantes que se deberán enfocar los responsables de desarrollar las políticas económicas relacionadas a la innovación tecnológica, con el propósito de que guíen las estrategias de I&D y con ello lograr mejorar el nivel de vida de la población.

ÍNDICE

1. PROBLEMÁTICA	8
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo General.....	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1. Crecimiento económico	12
3.2. Innovación tecnológica	15
3.3. Modelos de crecimiento económico.....	17
Modelo de Solow aumentado	18
Modelo AK	23
3.4. Evidencia Empírica	25
4. METODOLOGÍA	30
4.1. Datos de panel.....	30
4.2. Cointegración.....	31
Estacionariedad.....	31
Cointegración de panel.....	33
4.3. Estimación en cointegración de datos de panel	34
Mínimos Cuadrados Ordinarios Estáticos (SOLS).....	35

Mínimos Cuadrados Ordinarios Totalmente Modificados (FMOLS).....	35
Efectos Correlacionados Comunes (CCE).....	35
4.4 Causalidad	36
Modelo de vector de corrección de error (VECM)	36
5. DATOS.....	38
6. RESULTADOS	40
6.1. Análisis General.....	41
Pruebas de raíz unitaria y cointegración de panel	41
Estimación de la relación de largo plazo	44
Causalidad	46
6.2. Análisis Chile	49
6.3. Análisis Complementario	52
Análisis por zonas geográficas	52
Análisis Top Five	59
7. CONCLUSIONES	66
8. REFERENCIAS.....	70
9. ANEXOS	75
ANEXO A. Lista de países y códigos	75
ANEXO B. Pruebas de raíz unitaria en el nivel – Chile.....	76
ANEXO C. Pruebas de raíz unitaria en la 1° diferencia – Chile	77

ANEXO D. Países por zonas geográficas.....	78
ANEXO E. Pruebas de raíz unitaria en el nivel según zona geográfica	79
ANEXO F. Pruebas de raíz unitaria en la 1° diferencia según zona geográfica	82
ANEXO G. Estimación de la relación de largo plazo según zona geográfica.....	85
ANEXO H. Países - Top Five	88
ANEXO I. Pruebas de raíz unitaria en el nivel - Top Five	89
ANEXO J. Pruebas de raíz unitaria en la 1° diferencia - Top Five.....	91

1. PROBLEMÁTICA

El crecimiento económico de un país se puede cuantificar por medio del producto interno bruto (PIB), el cual es definido como el valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos en una economía en un intervalo de tiempo determinado (Mankiw, 2014). Alrededor del mundo se distinguen diferencias en el PIB de los diversos países, por lo que, desde el punto de vista de los economistas, el mayor interés es encontrar la explicación de: ¿Por qué ciertos países presentan un mayor crecimiento económico que otros?, algunas de las posibles variables de aquello son el tipo de exportación e importación de los productos, la cantidad de mano de obra con educación avanzada, el gasto que realiza cada gobierno en investigación y desarrollo (I&D), entre otras.

La capacidad que presenta la innovación es lograr modificar el comportamiento, los métodos laborales y además el trabajo de las personas, considerándose como un rasgo inherente al desarrollo humano (Galindo y Méndez, 2014). Como se puede observar en los comienzos de la historia de la humanidad en donde uno de los hitos más relevantes es el descubrimiento de un método para producir fuego, que permitió fundir metales y desde este hallazgo comenzar el desarrollo de la civilización humana, siglos más tarde, una de las innovaciones bastante notables ocurrió en la Revolución Industrial, con la máquina de vapor, y es en la segunda mitad del siglo XX en que algunos países modificaron sus exportaciones de una baja a una alta tecnología presentando un mayor crecimiento económico. Con respecto a aquello se percibe que a medida que transcurren los años, la humanidad ha ido utilizando cada vez más la tecnología para el desarrollo de la innovación, lo que traería consigo un aumento en la productividad del país.

Por otra parte, desde 1961 existe una organización económica intergubernamental actualmente conformada por 37 países, llamada Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) siendo una plataforma en la que se comparan las experiencias políticas, se buscan respuestas a los problemas, pero también se identifican las buenas prácticas y se coordinan las políticas nacionales e internacionales de sus miembros. Actualmente algunos países miembros de la OCDE se encuentran en los primeros puestos en competitividad e innovación a nivel mundial, como es Finlandia, que para conseguir posicionarse en este ámbito el país se planteó un objetivo estratégico, asegurar el desarrollo social y económico sostenible, lográndolo por medio del cambio de una economía que se encontraba basada en los recursos naturales a una que se encuentra basada en el conocimiento (Labrador, Ladrón, y Tejero, 2012). Para cambiar esta mentalidad se debió establecer una coordinación entre el sector privado, público y universidades, pero además debió estar acompañada de una política eficaz en I&D para lo cual se creó el Sistema Nacional de Innovación (SNI), según la definición entregada por Metcalfe (1995) SNI es una agrupación de instituciones que de forma individual y conjunta colaboran tanto al desarrollo como a la expansión de nuevas tecnologías, facilitando un marco con el que el gobierno implementa y define políticas para contribuir en el proceso de innovación; cabe destacar que Finlandia es un país en que el conocimiento y el rol que presenta el gobierno frente a la innovación, son considerados factores de competitividad claves para lograr el desarrollo de la sociedad.

En cambio, Chile presenta una escasa innovación, esto es debido a que existen ciertos factores que la desincentivan, tales como la baja seguridad de poder apropiarse en forma exclusiva de los beneficios provenientes de su inversión, también puede ser debido a la alta incertidumbre de los proyectos de innovación y por último los costos asociados a la coordinación de los múltiples actores tanto del sector privado como público y además de las

universidades. Por otra parte, otros factores que desincentivan la innovación en Chile son la carencia de un SNI, la escasez de capital humano calificado para el desarrollo de la innovación, una débil vinculación entre empresas y universidades, la falta de incentivos para el proceso de innovación, la débil protección a la propiedad intelectual y los obstáculos legales al emprendimiento (Cruz, 2008).

El limitado desarrollo de innovación que se puede encontrar en Chile está financiado por el gobierno, en cambio en otros países que conforman la OCDE, más del 60% de su financiamiento proviene de empresas privadas, como es el caso de Finlandia en que es de un 71%, en comparación al 34% de Chile (McKinsey & Company, 2015); cabe destacar que países en los que su crecimiento depende de commodities, como es el caso de Chile con el cobre, deben proyectarse a largo plazo y percatarse que el crecimiento económico de un país podría deberse a las capacidades de generar y aplicar nuevos conocimientos, es decir, economías que se encuentren basadas en el conocimiento (De Lucio, Jurado, y Gracia, 2011).

Con este trabajo se busca encontrar la respuesta a la interrogante que se han realizado múltiples actores de la sociedad: ¿Qué relación existe entre la innovación tecnológica y el crecimiento económico de un país? y además lograr esclarecer ideas respecto a las decisiones futuras que pudieran tomar los gobiernos relacionado con el gasto en innovación.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar la existencia y dirección de la relación entre la innovación tecnológica con el crecimiento económico, en países de la OCDE, por medio de un modelo econométrico realizando tests de cointegración y causalidad, para ampliar el conocimiento respecto al crecimiento económico nacional y las variables que en éste pueden influir.

2.2. Objetivos Específicos

Identificar conceptos y modelos econométricos pertinentes por medio de documentos especializados con la finalidad de determinar el sustento teórico para el problema de estudio.

Definir el conjunto de variables relevantes con el apoyo de diversos estudios, para obtener un modelo que este compuesto de variables representativas al tema de innovación tecnológica.

Establecer el modelo econométrico adecuado mediante el estudio realizado y examinando distintas alternativas de modo que al resolver el modelo seleccionado se pueda llegar a precisar una conclusión respecto al tema.

Concluir sobre los resultados empíricos obtenidos, por medio de una comparación entre éstos y la teoría existente, para que los múltiples actores de la economía posean una idea de qué modo guiar las decisiones respecto al desarrollo de la innovación tecnológica.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Crecimiento económico

El crecimiento económico de un país corresponde al aumento de la renta o el valor de los bienes y servicios finales en un determinado periodo de tiempo. El indicador que cuantifica el crecimiento económico es el producto interno bruto (PIB), debiendo destacar que éste se mide en unidades monetarias con el fin de agrupar todos los bienes y servicios en la misma unidad, además se consideran los bienes y servicios finales, no los intermedios, con el propósito de evitar la doble contabilización de éstos, y por último se cuantifica el valor de los bienes y servicios producidos dentro de un país en un tiempo definido (Mankiw, 2014).

Para entender como es medido el PIB se debe estudiar el flujo circular macroeconómico, el cual presenta tres agentes económicos: los hogares, las empresas y el Estado, y por otro lado tres mercados de la economía: bienes y servicios, factores de producción y financieros. La relación que existe entre los agentes y los mercados, se observa en la **Figura 1**.

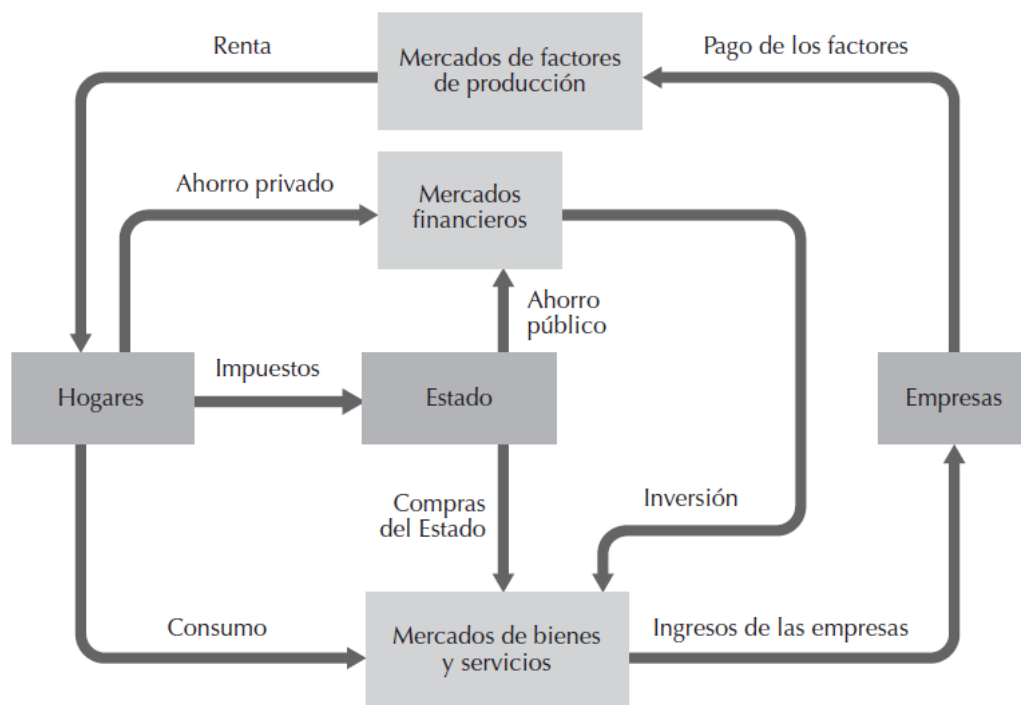


Figura 1. Flujo circular macroeconómico. Fuente: Mankiw (2014), p. 104

En particular se debe poner atención a la relación que existe entre los hogares y las empresas, existiendo dos formas para comprender la medición del PIB, la primera de ellas se relaciona con el mercado de factores de producción, en el que las empresas pagan a los hogares una renta como retribución por el uso de sus recursos con el propósito de llevar a cabo la producción de los bienes y servicios. La segunda manera de comprender la medición del indicador, se relaciona con el mercado de bienes y servicios, en donde son los hogares quienes pagan por el consumo de éstos a las empresas, lo que corresponde para estas últimas un ingreso, también se deben considerar las compras que realiza el Estado y la inversión en bienes de capital proveniente del mercado financiero, considerándose estos gastos como la producción de la economía.

Lo mencionado anteriormente se puede comprender de mejor manera al considerar que la primera forma de medición del PIB corresponde a la renta total de todos los miembros de la economía, llamada método del ingreso y la segunda al gasto total en la producción de bienes y servicios de la economía, más conocida como método del gasto. Al emplear cualquiera de estos dos métodos para calcular el PIB, si se utilizan los precios del mercado se obtiene el PIB nominal, indicador que no refleja exactamente el grado en que la economía puede satisfacer las demandas de los hogares, las empresas y el Estado, ya que por ejemplo si se duplican todos los precios sin que varíen las cantidades, el PIB nominal se duplicaría, pero decir aquello sería en cierta manera engañoso debido a que la capacidad de la economía para satisfacer las demandas no se ha duplicado, sino que la cantidad de cada bien producido se ha mantenido constante. Por lo que un buen indicador del crecimiento económico correspondería al que mida la producción de bienes y servicios sin encontrarse influenciado por las variaciones de los precios, como es el caso del PIB real, en el que se utilizan los precios de un año base para calcular el PIB de todos los años (Mankiw, 2014).

Es en este último tiempo en que se observa una gran motivación por parte de los economistas y de los políticos en el análisis del crecimiento económico, debido a que es una medida para estimar la evolución del bienestar de un país, el cual refleja el estado general de la situación económica, y por lo tanto incluye otros factores que no son medido por el PIB, como es el caso de la producción en el hogar, la actividad económica oculta y la calidad del medio ambiente, pero aun así sigue siendo el PIB un indicador útil y por lo tanto es comúnmente utilizado para realizar comparaciones entre países (Parkin, 2007). De modo que existe una importante preocupación sobre cuáles pueden ser las variables que logren explicar aquel crecimiento económico, entre ellas se encuentran la innovación tecnológica, la tasa de

interés, el impacto ambiental, la educación, entre otras; y con ello lograr que los gobiernos dispongan de mejor manera sus recursos para potenciar aquellas variables.

3.2. Innovación tecnológica

En primera instancia se debe saber lo que realmente significa el concepto de innovación, para lo cual se procede a conocer cómo es que lo define el Manual de Oslo, publicación realizada por la OCDE que tiene la finalidad de ser una guía en materia de análisis y recopilación de datos sobre innovación tecnológica; estableciéndose que la innovación corresponde a la utilización de conocimientos ya existentes o la generación de éstos, con el propósito de crear productos, servicios, procesos, métodos comerciales u organizacionales que pueden ser una mejora de los ya existentes como también nuevos, consiguiendo con ellos tener éxito en el mercado (OECD y Eurostat, 20015).

Se puede decir que la innovación corresponde a nuevas soluciones para los problemas que se plantea la humanidad en su propia evolución, y que en términos económicos supone nuevos empleos, nuevos mercados de bienes y servicios, mejoras o nuevas formas organizativas y también la posibilidad de obtener un mayor crecimiento y niveles de vida más elevados. En donde la innovación tecnológica desarrollada para lograr lo anteriormente mencionado, está estrechamente relacionada con la obtención de una mayor productividad, ya que depende de la formación de trabajadores, es decir, el capital humano, pero también de la eficiencia de la propia organización o de la cantidad y calidad de las máquinas, ya que éstas incorporan en sí innovación tecnológica (Pulido, 2005).

Cabe mencionar que una de las dimensiones evaluadas en el ranking de competitividad World Economic Forum (WEF) es la innovación, la que se realiza sobre 144 países, dentro de los cuales Chile se posiciona en el número 48, habiendo países de la OCDE

en los primeros lugares como son Finlandia, Suiza, Israel y Japón. Esta dimensión se encuentra compuesta por siete tópicos: Disponibilidad de científicos e ingenieros, Colaboración universidad-industria en I&D, Compra de tecnología avanzada por parte del gobierno, Patentes por millón de habitantes, Calidad de las instituciones de investigación científica, Capacidad para la innovación e Inversión de las empresas en I&D (Schwab, Sala, y Samans, 2017).

El tópico de Inversión de las empresas en I&D es para Chile el que presenta mayores debilidades, encontrándose en el puesto número 77, dentro de este tópico se distinguen dos grandes áreas que presentan falencias, el capital humano y la investigación que se destina a I&D. La primera de ellas se refiere a la educación universitaria, más específicamente a los graduados en ciencias e ingeniería, en donde en este informe se distingue que por cada mil trabajadores en Chile se tienen 2 trabajadores enfocados en I&D, siendo bastante bajo si se compara con el promedio de los 12 trabajadores destinados en esta área de los países que conforman la OCDE (McKinsey & Company, 2015).

La otra área en que Chile presenta falencias es el de investigación destinada a I&D, la cual es medida a través del gasto que se emplea para financiar actividades de I&D como un porcentaje del PIB, en el caso de los países que conforman la OCDE se tiene que en promedio es del 2,4%, donde el país miembro de esta organización con el menor porcentaje corresponde a Chile con tan solo el 0,4%, en cambio países como Corea del Sur, Israel y Finlandia se encuentran alrededor del 4,4%, 3,9% y 3,6% respectivamente (McKinsey & Company, 2015).

Cabe destacar que los elementos como el conocimiento y la innovación podrían llegar a ser fundamentales para el desarrollo de las sociedades actuales, como es que lo establece

Arrow (1962), en que ciertos factores productivos de un país presentan rendimientos decrecientes de productividad, tales como el capital y el trabajo, en cambio factores como la innovación y la creación de conocimiento tecnológico, tienen la característica de poder acelerar el proceso de crecimiento económico de un país, teniendo rendimientos crecientes en la productividad. Por lo cual para lograr determinar cómo es que se comportan estos factores productivos es necesario un sustento teórico sólido, como son los estudios desarrollados por diversos autores a lo largo de la historia.

3.3. Modelos de crecimiento económico

Se puede reconocer dos periodos en el estudio de las teorías del crecimiento económico, la primera de ellas es la que se desarrolla entre los años cincuenta y sesenta, en donde se establece que el crecimiento económico es explicado por variables exógenas, siendo uno de los mayores exponentes Robert Solow, quien establece en su modelo como factores productivos, el capital acumulado y la fuerza laboral, considerando el avance en la tecnología de manera exógena, con el propósito de sobrellevar el obstáculo de que el crecimiento económico en el largo plazo tiende a cero cuando se está en ausencia del avance tecnológico (Benavides, 1997).

Luego a mediados de los años ochenta comenzó a ser cuestionada la teoría de crecimiento exógeno, y con ello se comenzó a desarrollar el segundo periodo, la llamada teoría del crecimiento endógeno, siendo los investigadores más relevantes Paul Romer, Kenneth Arrow, Hirofumi Uzawa y Miguel Sidrauski. Los modelos propuestos en este periodo surgieron debido a la necesidad de explicar tres circunstancias en las que se consideraba que la teoría de crecimiento exógeno había fallado. La primera de ellas es por

qué las economías de los países industrializados producen cantidades mucho mayores que las de un siglo atrás, en donde la explicación de aquello estaría en el cambio tecnológico. La segunda de las circunstancias es la de explicar el crecimiento del capital humano, es decir, el desarrollo de una fuerza de trabajo efectiva como resultado de las nuevas tecnologías educativas. Por último, la tercera de ellas es la de explicar la divergencia sistemática en el crecimiento de las economías del mundo, es decir, que las economías no alcanzan un mismo estado estacionario (Romer, 1990).

Modelo de Solow aumentado

En un comienzo este modelo establecía que el crecimiento es explicado principalmente por variables que se encuentran fuera del modelo, es decir, variables exógenas. Estableciéndose que la producción de una economía se encuentra en función del capital y la fuerza laboral, en donde una parte de la renta se consume y la otra es destinada al ahorro a una tasa s (Solow, 1956), pero posteriormente en el año 1992, Gregory Mankiw, David Romer y David Weil incorporaron otro factor que refleja los avances de la tecnología de una economía, con el propósito de mejorar el modelo ya planteado e identificar porque existen países que presentan un mayor crecimiento que otros, para ello hay que observar cómo interactúan los factores de la producción de una economía (Mankiw, 2014), estableciéndose la función de producción (Y) de la siguiente manera:

$$Y = F(K, L \times E) \tag{1}$$

Donde K es el capital acumulado, L la fuerza laboral y E la eficiencia del trabajo, cabe notar que ésta última multiplica a la fuerza laboral, ya que corresponde a los

conocimientos que tiene una sociedad en los métodos de producción a medida que va mejorando la tecnología existente.

El modelo presenta algunos supuestos los cuales son, la población activa L está creciendo a una tasa n y la eficiencia del trabajo E a una tasa de progreso tecnológico g . Además la función de producción tiene rendimientos constantes de escala, es decir, que si se aumenta en cierta proporción todos los factores (K y $L \times E$: Trabajador efectivo) también lo hará en la misma proporción la producción, supuesto que será de gran utilidad para permitir un análisis en que el tamaño de la economía, es decir, el número de trabajadores efectivos no afectará a la relación entre la producción por trabajador efectivo $\left(y = \frac{Y}{L \times E}\right)$ y el capital por trabajador efectivo $\left(k = \frac{K}{L \times E}\right)$, obteniéndose una función de producción de la forma:

$$y = f(k) \quad (2)$$

Estado estacionario

Un tema importante a mencionar es que la variación que puede existir del stock de capital con el paso del tiempo puede generar crecimiento económico, destacando un flujo positivo el que corresponde a la inversión en capital, es decir, la proporción s de la producción, y por otro lado un flujo negativo compuesto por una proporción $\delta + n + g$ del capital, llamada “inversión de mantenimiento”, en donde δ corresponde a la tasa de depreciación del capital, lo mencionado anteriormente se puede expresar de la siguiente manera:

$$\Delta k = i - (\delta + n + g)k = s f(k) - (\delta + n + g)k \quad (3)$$

Para lograr mantener el nivel de capital por trabajador efectivo se debe realizar una inversión con el propósito de reponer el capital depreciado, proporcionar capital a los nuevos trabajadores y también a los nuevos trabajadores efectivos que emanan debido al progreso tecnológico, si tanto la inversión como la “inversión de mantenimiento” son iguales entonces la economía se encuentra en el estado estacionario, este escenario ocurre cuando las dos curvas de la **Figura 2** se interceptan.

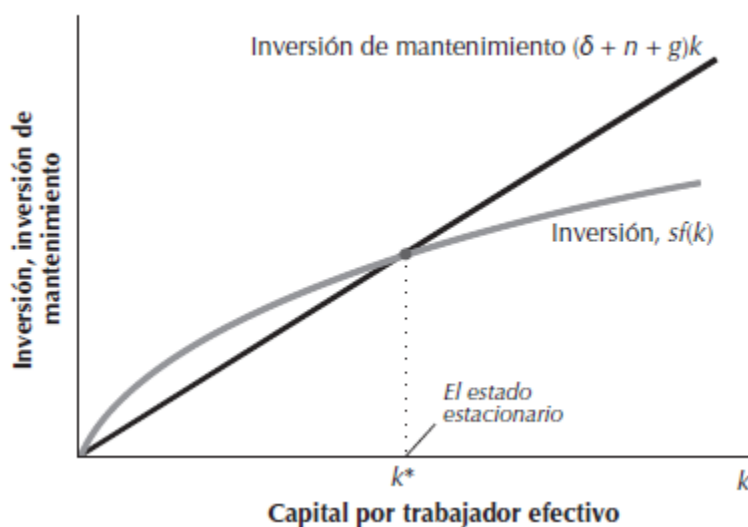


Figura 2. Inversión y capital por trabajador efectivo en estado estacionario. Fuente: Mankiw (2014), p. 351

Cabe destacar que, si una economía tiene un nivel de capital inferior al del estado estacionario, entonces la inversión es mayor a la “inversión de mantenimiento” que se debe realizar, por lo que aumentará el stock de capital durante el tiempo hasta llegar al estado estacionario.

En cambio, si la economía se encuentra en un nivel de capital superior al del estado estacionario, la “inversión de mantenimiento” realizada será mayor a la inversión por lo tanto

el capital se está desgastando más deprisa de lo que se está reponiendo, esto conlleva a que el stock de capital disminuya y se aproxime al estado estacionario.

Con los dos escenarios descritos anteriormente se puede llegar a la conclusión de que si una economía se encuentra en el estado estacionario permanecerá en él y si no se encuentra acabará en él, por lo tanto, el estado estacionario representa el equilibrio de la economía.

Convergencia

A partir del modelo se puede establecer que dos economías convergerán al estado estacionario si presentan las mismas tasas de ahorro, depreciación de capital, crecimiento de la población y eficiencia del trabajo, a pesar de tener diferentes stock de capital, ya que una economía que tenga un menor stock de capital, es decir, la economía más pobre tendrá un crecimiento económico más rápido para lograr llegar al estado estacionario en comparación a la economía que presenta el mayor stock de capital.

Por lo tanto, si dos economías tienen el mismo stock de capital, mismas tasas de ahorro, depreciación de capital y crecimiento de la población, pero distintas tasas de progreso tecnológico entonces cada una de las economías convergerán a su propio estado estacionario, logrando observar una diferencia en el crecimiento de ambas producto de que una de ellas tiene un mejor y más desarrollado progreso tecnológico que otra.

Efectos del progreso tecnológico

La existencia de progreso tecnológico en una economía tendrá un efecto en ésta, en primera instancia como se conoce que en el estado estacionario el capital por trabajador efectivo $\left(k = \frac{K}{L \times E}\right)$ es constante, se puede llegar a la conclusión que también lo será la

producción por trabajador efectivo ($y = \frac{Y}{L \times E}$). Por lo tanto, la producción por trabajador real ($y = \frac{Y}{L}$) está creciendo a una tasa g y la producción total (Y) de una economía está creciendo a una tasa $n+g$ en el estado estacionario (Ver **Tabla 1**), es decir, que el progreso tecnológico es un factor determinante en el crecimiento de la producción, ya que puede generar un crecimiento continuo de ésta.

Tabla 1. Tasas de crecimiento del estado estacionario en el modelo de Solow con progreso tecnológico. Fuente: Mankiw (2014) p. 352

Variable	Símbolo	Tasa de crecimiento en el estado estacionario
Capital por trabajador efectivo	$k = K / (E \times L)$	0
Producción por trabajador efectivo	$y = Y / (E \times L) = f(k)$	0
Producción por trabajador real	$Y / L = y \times E$	g
Producción total	$Y = y \times (E \times L)$	$n+g$

Pero también es importante mencionar que un aumento de la tasa de ahorro hará que crezca la producción total de una economía, pero solo hasta llegar al estado estacionario, a partir de allí se quedará en él a no ser que ocurra alguna modificación de esta tasa, es decir, que el crecimiento económico es solo durante un intervalo de tiempo definido. Por lo tanto, si la economía se encuentra en el estado estacionario, la producción por trabajador real ($y = \frac{Y}{L}$) depende solo de la tasa de progreso tecnológico y explicaría el porqué de los niveles de vida continuamente crecientes.

El modelo propuesto en un principio por Robert Solow y mejorado por los autores Mankiw, Romer y Weil (1992), se caracteriza por considerar que el progreso tecnológico podría llegar a ser un determinante clave en el crecimiento económico de un país, pero aun así los autores al probar aquel modelo empíricamente descubren que se pronostica

correctamente los signos de los estimadores, pero se sobreestima el efecto del capital en la producción, es por ello que se considera la incorporación del capital humano al modelo.

Modelo AK

Este sencillo modelo fue desarrollado por Rebelo (1991), el cual corresponde a una función de producción lineal con un único factor que es el capital (K), pero éste no solo considera la inversión en capital físico sino también en capital humano. Este último corresponde a la inversión que se encuentra destinada para el desarrollo de las habilidades, capacidades y conocimiento de los trabajadores. Además, en el modelo se define una constante positiva A que representa el nivel de tecnología asociada al factor trabajo (L). El modelo se expresa de la siguiente manera:

$$Y = F(K, L) = AK \quad (4)$$

La principal característica que tiene este modelo, además de que la función presente rendimientos constantes de escala, es que el factor del capital (K) tiene rendimientos positivos, pero no decrecientes. La variación del stock de capital en el modelo AK se determina de la siguiente manera:

$$\Delta k = i - (\delta + n) = s \times A - (\delta + n) \quad (5)$$

Donde s es la tasa de ahorro y n es la tasa con la que crece la población activa L.

Como se puede observar en la **Figura 3**, la curva de ahorro (CA) y la curva de depreciación (CD) son lineales y horizontales, por lo tanto, para que la economía sea lo

suficientemente productiva se debe cumplir que: $s \times A > \delta + n$, de esta manera la tasa de crecimiento será constante y positiva.

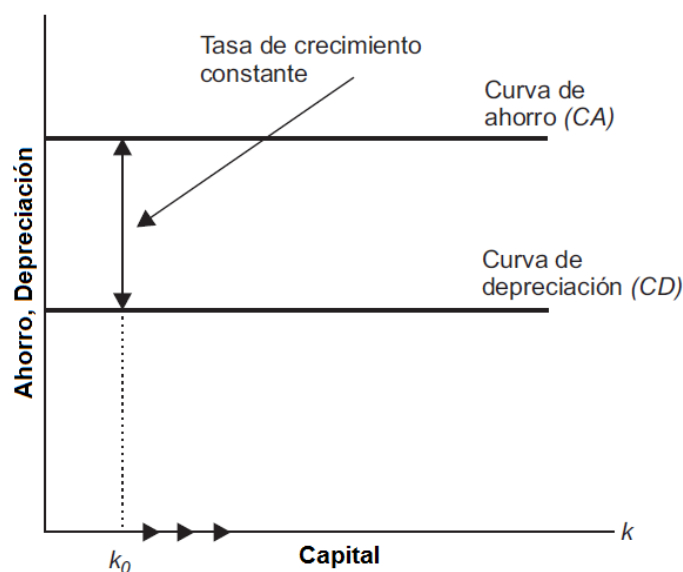


Figura 3: Ahorro y depreciación. Fuente: Sala i Martin (2000), p. 52

Este modelo propone que el crecimiento de largo plazo se encuentra dirigido principalmente a la acumulación de conocimiento, considerando éste un bien de capital intangible producto de la inversión realizada en investigación y desarrollo (I&D), con aquellos cambios se puede llegar a decir que la producción puede ser indefinida, pues los retornos de la inversión de capital físico y humano, no necesariamente se reducen a medida que la economía se desarrolla, compensando los rendimientos marginales decrecientes ante la acumulación del capital (Sala i Martin, 2000).

Para los modelos de la teoría de crecimiento endógeno, se tiene que el crecimiento se encuentra relacionado en cierta medida con la política económica, ya que ésta tiene efectos permanentes sobre el crecimiento de largo plazo en el país que es desarrollada. Por ello esta teoría es de gran utilidad para los países con un menor nivel de vida, ya que se tiene una

alternativa de crecimiento sin la dependencia del comercio. Existiendo con ello una gran variedad de estudios relacionados a la teoría de crecimiento endógeno con el fin de poder esclarecer la manera en que las variables que caracterizan a la innovación pueden influir en el crecimiento económico de un país.

3.4. Evidencia Empírica

Numerosos autores han propuesto temas de estudio relacionados al impacto que tiene la innovación en el crecimiento económico de un país, uno de ellos es el realizado por Pece, Simona y Salisteanu (2015), que pretende determinar si existe la conexión entre el crecimiento económico (PIB) y la innovación para las economías de Europa Central y Oriental (Polonia, República Checa y Hungría), estudio que fue realizado a nivel individual basado en regresiones múltiples, entre los años 2000 y 2013. Para reflejar la innovación y el capital humano del país se consideró como variables, el número de patentes, la cantidad de marcas registradas, el gasto en I&D, la inversión extranjera, la proporción de la población activa con educación terciaria y las exportaciones, concluyendo que en los tres países analizados si existe una evidencia de una relación positiva entre las variables mencionadas anteriormente y el crecimiento económico medido por el PIB, además se logró llegar a la conclusión de que el factor más importante que influye en el crecimiento económico es la calidad del capital humano.

Otro estudio fue el desarrollado por Yüksel (2017) que tiene el propósito de determinar los efectos de la inversión en I&D sobre la cantidad de las exportaciones y el crecimiento económico, para lo cual se utilizó datos de 28 países miembros de la Unión Europea (UE) entre el periodo de 1996 a 2014, dando como resultado la no existencia de una

relación entre el crecimiento económico y la inversión en I&D. Lográndose identificar que la exportación es la principal causa de los gastos en I&D, es decir, los países miembros de la UE, que tienen una mayor cantidad de exportaciones, le dan una mayor importancia a I&D.

En el estudio desarrollado por Bayarcelik y Tasel (2012), para el país de Turquía, se caracteriza la innovación a través de las variables, investigadores en I&D, gasto en I&D y el número de patentes, determinándose una relación positiva entre las dos primeras variables y el crecimiento económico, caracterizado por el PIB. Por otro lado, existe una relación negativa entre el número de patentes y el crecimiento económico de dicho país, concluyéndose en el largo plazo que aquella relación debe ser positiva pero que, en el corto plazo ésta podría llegar a ser negativa dependiendo del año en estudio, debido a la gran cantidad de dinero que debe ser invertido en las patentes.

Otro estudio relacionado en este tema, es el realizado por Baumert, Buesa, Gutiérrez y Heijs (2016), el cual es un análisis empírico con datos de panel dinámico de una muestra de 23 países europeos entre los años 1995 a 2012, en donde las variables son la acumulación de capital humano (cantidad de personas que se encuentran en educación terciaria), la tasa de crecimiento de la población, el índice de capacidad innovadora (calculado en el propio estudio por medio del número de solicitudes de patentes y el gasto en I&D) y la variable llamada comercio exterior (exportaciones del país correspondiente). Obteniéndose que la tasa de crecimiento de la población presenta una relación negativa con el crecimiento económico, el cual se encuentra caracterizado por medio del PIB, y todas las demás variables, la acumulación de capital humano, el índice de capacidad innovadora y comercio exterior, tienen una relación positiva con respecto al crecimiento económico. Llegando a la conclusión que estas tres variables son factores determinantes en el proceso de crecimiento en el largo

plazo de un país, debido a que es la innovación tecnológica la que se encuentra en los nuevos bienes y servicios desarrollados en las economías, y el capital humano es el que aporta una mayor contribución a los incrementos de la productividad.

El estudio desarrollado por Pradhan, Arvin y Bahmani (2018), examina los vínculos entre la innovación, el desarrollo financiero y el crecimiento económico de 49 países europeos utilizando datos de series de tiempo entre los años 1961 a 2014, determinándose que existe una evidencia clara de que el crecimiento económico tiene una relación positiva con la innovación. En donde la innovación se encuentra caracterizada por las variables, exportación de alta tecnología, artículos de revistas científicas y técnicas, investigadores dedicados a actividades en I&D y gastos en I&D, todas ellas presentan una relación positiva con el crecimiento económico de los países en estudio. Concluyéndose que la innovación y el avance técnico, son los que podrían rescatar a los países de las consecuencias del agotamiento de los recursos naturales e impulsarlos, por medio de una asignación de recursos más eficientes y un mejor rendimiento en su creciente base de conocimientos.

Otro estudio fue realizado por Ulku (2004), el cual se lleva a cabo por medio de datos de 20 países de la OCDE y 10 países que no pertenecen a esta organización durante el periodo de 1981 a 1997, las variables que describen a la innovación y al capital humano son las siguientes, solicitudes de patentes, gastos brutos en I&D, variables macroeconómicas tales como la inversión fija bruta, matrículas en educación secundaria, fuerza laboral, importaciones y exportaciones de bienes manufacturados, apertura en precios corrientes y el índice de riesgo de expropiación. Dentro del análisis desarrollado se encuentra el grupo de países que pertenecen a la OCDE, los países que pertenecen al grupo de los siete (G7) y dos grupos más que corresponden a los países que no pertenecen a cada una de las organizaciones

que anteriormente se mencionan. Llegándose a observar que existe una fuerte relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico caracterizado por el PIB, tanto de los países de la OCDE como países que no pertenecen a aquella organización. Mientras que solo los países de la OCDE con mercados más grandes, que incluyen el G7 (Australia, Países Bajos, España, y Suiza) pueden aumentar su innovación invirtiendo en I&D. Por otro lado, también se tiene que los países que pertenecen a la OCDE pero que no presentan sectores efectivos de I&D, se promueve la innovación a través de la tecnología de otros países de la organización. Sin embargo, este estudio no presenta evidencia de rendimientos constantes de la innovación en términos de I&D, lo que implica que la innovación no conduce a aumentos permanentes en el crecimiento económico, aquello puede ser debido a que las variables que se utilizaron en el estudio no son medidas completas de la innovación.

Por otro lado, el trabajo de Campo (2012) fue realizado a 10 países de Latinoamérica durante el periodo de 1990 a 2010, en el cual se estudió la relación de las variables, formación bruta de capital, fuerza laboral, las patentes registradas por residentes y no residentes, con el crecimiento económico. Determinándose la existencia de una relación positiva de largo plazo entre las tres variables mencionadas con el PIB.

Al igual que los autores mencionados anteriormente, Prieto (2017) ha realizado un estudio respecto a este tema, para aquello analizó a 75 países entre los que se incluye a Chile, a través de los años 2003 a 2014, caracterizando a la innovación y al capital humano, con ciertas variables tales como las marcas registradas, la tasa bruta de matriculación secundaria, la inversión extranjera directa, la fuerza laboral existente en el país y el gasto en I&D como porcentaje del PIB, en donde en estas dos últimas variables existe una relación positiva con respecto al crecimiento económico, por otro lado la variable de marcas registradas presenta

una relación negativa, aquello podría deberse a que éstas no son una medida completa de las actividades de innovación. Considerando la tasa bruta de matriculación secundaria y la inversión extranjera directa como variables no estadísticamente significativas para la muestra.

Cabe destacar que los modelos desarrollados en la teoría del crecimiento y en conjunto con la evidencia empírica presentada proporcionan un marco adecuado con el fin de estudiar las alternativas que entrega el cambio tecnológico y la inversión en capital humano en el proceso productivo de un país, como también en el diseño y la eficacia de las políticas de I&D e innovación (Guloglu y Tekin, 2012).

4. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta el marco en que se llevará a cabo la metodología para la obtención de resultados, en primer lugar, se tiene la definición de los diferentes tipos de datos, luego una explicación de la realización de la cointegración, teniendo presente la estacionariedad de una serie, cointegración de panel, entre otros, y por último se detalla la estimación de diferentes modelos.

4.1. Datos de panel

Para un análisis empírico generalmente se encuentran disponibles tres tipos de datos, datos de corte transversal, series de tiempo y de panel. El primero de ellos son valores para varias clases o secciones en un punto en el tiempo, por ejemplo, la tasa de crecimiento de la población para ciertos países en un año determinado. Las series de tiempo corresponden a valores dentro de un determinado periodo de tiempo, por ejemplo, la inflación de un país tomada para un periodo de 30 años; por último, los datos de panel son la combinación de los dos tipos de datos anteriormente mencionados, es decir, que cuenta con una dimensión de espacio y de tiempo, como por ejemplo los valores del PIB de una cierta cantidad de países dentro de un rango de años (Gujarati y Porter, 2010).

Un panel de datos es un conjunto de variables (y_{it}), que presentan por un lado la dimensión espacio (i), la que hace referencia a las clases o secciones en las que la variable se encuentra medida, como por ejemplo países, ciudades, empresas, entre otros; y la dimensión de tiempo (t) que corresponde al periodo de tiempo de estudio, por ejemplo, datos entre los años 1980 a 2010.

Una característica de los datos de panel corresponde a la heterogeneidad de las clases o secciones a lo largo de los años, como es el caso de los países en donde las series que se quieren medir de cada uno de ellos en un periodo de tiempo difieren producto de características políticas, económicas, sociales, tecnológicas, entre otras. Para el análisis de este tipo de datos es de suma importancia comprender la mecánica que se encuentra detrás de la cointegración, tanto sus características como los autores que la desarrollaron.

4.2. Cointegración

Estacionariedad

Una serie es el conjunto de valores que ha tomado una variable en el tiempo y_t , aquella serie es estacionaria si su media, varianza y autocovarianza permanecen constantes en el tiempo, esta última se refiere que el valor de la covarianza entre dos periodos depende solo de la distancia o rezago entre ellos y no del tiempo en el cual se está calculando la covarianza. Con aquello se establece lo siguiente:

$$\text{Media: } E(y_t) = \mu_t = \mu \quad (6)$$

$$\text{Varianza: } Var(y_t) = \sigma_t^2 = \sigma^2 \quad (7)$$

$$\text{Autocovarianza: } Cov(y_t, y_{t+j}) = \sigma_j \quad (8)$$

Por otro lado, se dice que una serie es no estacionaria cuando depende del tiempo, destacándose que para el estudio del comportamiento de este tipo de series solo se llega a considerar el periodo de tiempo en el que se tienen los datos, por lo cual no sería de gran utilidad para el pronóstico de las series debido a la no generalización de los periodos fuera

de estudio. Por ello se busca transformar estas series en estacionaras, esta es la característica que presenta la caminata aleatoria, expresada de la forma, $y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$, es decir, que la variable está tomando el valor en el periodo anterior más un error aleatorio con media cero, varianza constante e independientemente distribuido, es decir, estacionario. Aquello es explicado por medio de las iteraciones del valor y_t que corresponde al valor inicial más todos los errores en el tiempo, es decir, $y_t = y_0 + \sum_{i=1}^t \varepsilon_i$, con ello se tiene que su media es constante en el tiempo, $E(y_t) = y_0$ y la varianza no lo es, $Var(y_t) = t\sigma_\varepsilon^2$, (σ_ε^2 es la varianza del error), en donde la desviación estándar crecerá a la raíz cuadrada de t. Pero si se realizan las primeras diferencias, es decir, $\Delta y_t = y_t - y_{t-1} = \varepsilon_t$, entonces la serie será estacionaria, ya que se establece que la media es cero, $E(\Delta y_t) = E(\varepsilon_t) = 0$ y la varianza es constante, $Var(\Delta y_t) = Var(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2$.

Si una serie no estacionaria debe diferenciarse d veces para hacerla estacionaria, se dice que la serie es integrada de orden d o I(d), es decir, que d es el número de veces de raíces unitarias contenidas en la serie, por lo tanto la caminata aleatoria es I(1). Las pruebas de raíz unitaria utilizadas para determinar si una serie es integrada de orden d, serán Dickey Fuller Aumentado (Dickey y Fuller, 1979) y de Phillips Perron (Phillips y Perron, 1988).

Para llevar a cabo la cointegración de datos, las series deben ser integradas de orden 1, aquello quiere decir que al someter a las series a pruebas de raíz unitaria, éstas deben aceptar la hipótesis nula (raíz unitaria presente) en el nivel, y deben rechazarla al realizar las pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia; luego con aquellas series que cumplan el requisito anterior es posible realizar la prueba de cointegración de datos, en ésta se debe considerar la serie que se encuentra conformada por los residuales de la combinación lineal

de las series utilizadas, cumpliéndose que sea estacionara o integrada de orden 0, si ese es el caso entonces se dice que las series se encuentran cointegradas.

Cointegración de panel

Como fue mencionado en el otro apartado, para realizar la cointegración de panel se debe cumplir que las series sean integradas de orden 1, luego será posible probar la relación entre las series por medio de los residuos de ellas.

Debido a la heterogeneidad que existe entre las clases o secciones, es que se deben analizar dos aspectos en las pruebas de raíz unitaria para la cointegración, por un lado, se tienen el análisis por Grupo y por otro el análisis de Panel. El primero de ellos corresponde a las pruebas de raíz unitaria aplicadas a las series por separado, es decir, que afectará de manera desigual a cada una de ellas, permitiendo que los parámetros del proceso de raíz unitaria varíen entre las clases o secciones del panel. En cambio, el análisis por Panel tiene como supuesto el de homogeneidad en las clases o secciones, este efecto corresponde a la aplicación de las pruebas de raíz unitaria al panel de datos en su conjunto, de manera que afecta de igual manera a cada una de las clases. Además, para la realización de las pruebas de raíz unitaria y cointegración, se tienen tres alternativas en su análisis, con “Intercepto”, con “Intercepto y tendencia” y por último “Sin intercepto ni tendencia”.

Por parte de Engle y Granger (1987) y de Phillips y Ouliaris (1990) se establece que la prueba de cointegración corresponde a una prueba de raíz unitaria basadas en residuos por mínimo cuadrados ordinarios de las series, es decir, la hipótesis nula de no cointegración corresponde a la hipótesis nula de que hay una raíz unitaria en los residuos. Para realizar la mayor parte de la cointegración se utiliza el método definido por Pedroni (1999), quien

propone siete pruebas de cointegración de panel, entre ellas se encuentran Dickey Fuller Aumentado (ADF) y Phillips Perron (PP), si al ser aplicadas a la serie de residuos de la combinación lineal se determina que ésta es $I(0)$, entonces las series se encuentran cointegradas. En el caso contrario, en que la serie de residuos es $I(1)$ se puede concluir que las series no se encontrarían cointegradas, por lo tanto, no existe una relación de largo plazo entre ellas y con ello la regresión es espuria, no pudiéndose obtener conclusiones del estimador resultante.

4.3. Estimación en cointegración de datos de panel

Para la estimación de largo plazo se tienen los modelos que se detallan a continuación, los cuales se basan en el método de mínimos cuadrados ordinarios, OLS. En todos ellos se expresan por medio de la adición de variables explicativas x_{it} asociadas a la variable independiente y_{it} , considerando también sus residuos ε_{it} , donde i corresponde a la clase o sección definida ($i = 1, \dots, N$) y t al periodo ($t = 1, \dots, T$). Además, se debe definir los parámetros c_{0i} que tiene relación a las características fijas de cada clase o sección y c_1 que corresponde al parámetro de estimación que muestra la relación de largo plazo, en donde según Pedroni (2001) éste corresponde al promedio de los parámetros de estimación de las clases i (c_{i1}), definido por:

$$c_1 = \sum_{i=1}^N \frac{c_{i1}}{N} \quad (9)$$

Los modelos utilizados para la estimación de la relación en el largo plazo se detallan a continuación:

Mínimos Cuadrados Ordinarios Estáticos (SOLS)

$$y_{it} = c_{0i} + c_1 x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Mínimos Cuadrados Ordinarios Totalmente Modificados (FMOLS)

$$y_{it} = c_{0i} + c_1 x_{it} + c_2 \Delta x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

Donde c_2 absorbe los efectos causados por la variación en el corto plazo de la variable x_{it} .

Efectos Correlacionados Comunes (CCE)

$$y_{it} = c_{0i} + g_i t + c_1 x_{it} + d_{1i} \bar{y}_t + d_{2i} \bar{x}_t + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Este último modelo es propuesto por Pesaran (2006), denominado Common Correlated Effects (CCE), el cual es conveniente para obtener estimadores que sean consistentes en la presencia de dependencias entre las clases o secciones, es por ello que se agregan las series compuestas por los promedios de las variables dependientes ($\bar{x}_t$) e independiente ($\bar{y}_t$) como variables explicativas, aquellas series corresponden a los promedios de todos las clases o secciones para cada uno de los años de estudio, considerándose además una variable que se encuentra relacionada a la tendencia.

Para los modelos anteriormente mencionados se deben realizar algunos cálculos en los efectos individuales específicos, es decir, el análisis por Grupo. Como es la obtención de la correcta probabilidad, para ello se requiere del cálculo del estadístico t de cada una de las

series como se muestra en la siguiente ecuación, donde N es la cantidad de clases o secciones i .

$$t = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sqrt{N}} \quad (13)$$

Además, los coeficientes de estimadores grupales, c_1 , se determinan con el promedio de las clases o secciones para cada una de las series (**Ecuación 9**). Estos cálculos son realizados con el propósito de lograr observar las posibles inconsistencias de los coeficientes de estimación causadas por la heterogeneidad de los datos.

4.4 Causalidad

Modelo de vector de corrección de error (VECM)

Gracias a los modelos anteriores se pueden obtener parámetros que caractericen la relación de largo plazo de las series, pero aquellas estimaciones no se encuentran respondiendo la existencia de la dirección que presentan las relaciones entre las variables, ni que aquella relación sea unidireccional o bidireccional, como tampoco no se conoce si la relación entre las series es de largo y/o corto plazo, es por ello que se debe realizar la prueba de causalidad, la que corresponde al Modelo de Vector de Corrección de Error (VECM). Este modelo tiene la capacidad para captar las características dinámicas entre las variables a corto plazo dada la relación de largo plazo, es decir, que refleja un proceso dinámico de autocorrección de las variables hacia su estado estable (Li, Wong, Song, y Witt, 2006).

Este modelo presenta la característica de determinar que variables son las que explican a una determinada variable, de este modo se podría llegar a conocer si la variable

dependiente es la que explica a la independiente, o viceversa, o si ambas se explican a la vez en el largo plazo.

A continuación, se presenta la expresión del VECM para dos variables:

$$\begin{bmatrix} \Delta y_{it} \\ \Delta x_{it} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{1i} \\ d_{2i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta y_{it-1} \\ \Delta x_{it-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \widehat{\varepsilon_{it-1}} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1it} \\ \varepsilon_{2it} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Donde b_{11} , b_{12} , b_{21} y b_{22} , evidencian si existen ajustes de corto plazo, es decir, una relación en el corto plazo desde una variable a otra, a_1 y a_2 son los coeficientes de ajuste de los residuos, los que capturan como las variables responden a las desviaciones de la relación de equilibrio y $\widehat{\varepsilon_{it-1}}$ es el termino de corrección del error del periodo anterior, expresándose $\widehat{\varepsilon_{it}}$ de la siguiente manera:

$$\widehat{\varepsilon_{it}} = y_{it} - \widehat{c_1}x_{it} - \widehat{c_{2i}} \quad (15)$$

Los coeficientes b deben ser distinto de cero y significativos para determinar la existencia de una causalidad entre las respectivas variables, en el caso contrario, donde aquellos coeficientes no son significativos implicaría la no causalidad de éstas.

5. DATOS

El análisis realizado consiste en la relación existente entre el crecimiento económico y la innovación tecnológica, para aquello se tienen datos de un panel de 31 países pertenecientes a la OCDE, durante el periodo de 1960 a 2017. Aquellos datos se obtienen del sitio web del Banco Mundial (The World Bank, s.f.) y los países que conforman el panel de datos se encuentra en el **ANEXO A**, considerándose seis países pertenecientes de la OCDE (Suiza, Estonia, Corea del Sur, Luxemburgo, Letonia y Eslovenia) fuera de este análisis debido a la falta de datos de éstos.

Las variables utilizadas para este estudio se describen a continuación:

Producto interno bruto (PIB): Corresponde a la suma del valor bruto producido por los residentes de una economía, más los impuestos y menos los subsidios que no estén ya incluidos en el valor de los productos, los datos se encuentran expresados en dólares a precios constantes del año 2010.

Formación bruta de capital fijo (FBC): Corresponde a los gastos que adicionan bienes nuevos a los activos fijos de la economía, incluyendo mejoras de la tierra (cercas, zanjas, desagües, etc.); compra de planta, maquinaria y equipo; y la construcción de carreteras, ferrocarriles y similares, incluidas escuelas, oficinas, hospitales, viviendas residenciales privadas y edificios comerciales e industriales, aquellos datos se encuentran como porcentaje del PIB en dólares a precios constantes del año 2010.

Gasto público en educación (GPE): Corresponde al gasto que realiza el gobierno en educación, tanto en gasto corriente, gasto de capital y transferencias, este último incluye gastos financiados por transferencias de fuentes internacionales al gobierno,

los datos se encuentran como porcentaje del PIB en dólares a precios constantes del año 2010.

Gasto en investigación y desarrollo (GID): Corresponde al gasto destinado a investigación básica, investigación aplicada y al desarrollo experimental, los que llegan a realizarse en cuatro sectores, empresa comercial, gobierno, educación superior y organizaciones privadas sin fines de lucro, aquellos gastos se encuentran expresados como porcentaje del PIB en dólares a precios constantes del año 2010

Solicitud de patentes de residentes (SPR): Las solicitudes de patentes corresponden a las de un producto o proceso que presenta una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema, para lo cual se debe realizar el procedimiento del Tratado de Cooperación en materia de Patentes o en una oficina nacional de patentes por los derechos exclusivos sobre un invento. Se encuentra expresado como solicitudes de patentes per cápita, es decir, en un ratio entre la solicitudes de patentes y la población que participa en la fuerza laboral (15 a 64 años) respecto a cada uno de los países.

Exportación de alta tecnología en bienes manufacturados (ETM): Corresponde a la exportación de los productos que son altamente intensivos en investigación y desarrollo, como son los productos de las industrias aeroespacial, informática, farmacéutica, de instrumentos científicos y de maquinaria eléctrica, midiéndose como un porcentaje de los productos manufacturados del país correspondiente.

6. RESULTADOS

En esta sección se encuentra en primera instancia un análisis respecto a los 31 países en estudio, luego uno destinado solo a Chile y un análisis complementario por zonas geográficas como también otro de los 5 países que gastan más y menos en I&D y educación. El análisis complementario es realizado debido a la gran cantidad de países en estudio que podrían derivar a problemas de heterogeneidad, procediéndose con ello a realizar un análisis sobre el conjunto de países que presentan similares características. Esclareciendo de mejor manera el impacto que tendría el crecimiento económico, ya que cada una de estas segmentaciones presentan sus propias políticas económicas relacionadas a la innovación tecnológica pudiendo impactar de diferente manera en el PIB.

Para cada uno de estos análisis se procede en primer lugar a realizar las pruebas de raíz unitaria, tanto en nivel como en las primeras diferencias con el propósito de establecer si las series correspondientes a dicho análisis son integradas de orden 1, de modo de poder continuar con la prueba de cointegración, en donde en ésta se conoce la combinación lineal de las series más adecuada con el fin de obtener resultados de estimación lo suficientemente consistentes. Las pruebas utilizadas son Dickey Fuller Aumentado (ADF), Phillips-Perron (PP) y Engle-Granger (tau y z) según sea el caso y los rezagos son determinados automáticamente por medio del criterio de Schwarz.

Luego de la prueba de cointegración se efectúa la estimación de diferentes modelos para establecer la relación de largo plazo entre las variables, como son Mínimos Cuadrados Ordinarios Estáticos (SOLS), Mínimos Cuadrados Ordinarios Totalmente Modificados (FMOLS) y Efectos Correlacionados Comunes (CCE). Por último, se realiza una prueba de causalidad a través del Modelo de Vector de Corrección de Error (VECM) en la que es

posible determinar la dirección que presentan las relaciones entre las series, además de conocer si aquellas se mantienen en el corto plazo. Existiendo dos tipos de análisis para los modelos mencionados anteriormente, el análisis homogéneo de las series (Panel) y el heterogéneo (Grupo).

Para la significancia de las pruebas y estimaciones realizadas se consideran tres categorías, las cuales se detallan a continuación con su respectivo símbolo, significativas al 10% (*), 5% (**) y 1% (***).

6.1. Análisis General

Pruebas de raíz unitaria y cointegración de panel

Las pruebas de raíz unitaria en datos de panel se deben emplear a cada una de las series (PIB_{it} , FBC_{it} , GPE_{it} , GID_{it} , SPR_{it} y ETM_{it}) considerándose los 31 países en estudio, de modo que en el nivel sean no estacionarias. Las pruebas de raíz unitaria aplicadas son ADF y PP, considerando para cada una de estas series tres opciones, la primera de ellas es con “Intercepto”, la siguiente con “Intercepto y tendencia”, y por último “Sin intercepto ni tendencia”. En la **Tabla 2**, se muestra que para cada una de las series se acepta la hipótesis nula de raíz unitaria presente en el nivel en al menos una de las tres opciones, es decir, presentan una significancia sobre el 10%.

Tabla 2. Prueba de raíz unitaria de panel, Nivel. Fuente: Elaboración propia

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	273.2070***	57.5964	0.3494
	PP	301.1260***	55.4982	0.0325
FBC	ADF	128.6300***	147.7150***	43.6220
	PP	72.8420	73.9212	52.2202
GPE	ADF	90.7973***	78.1674*	33.4989
	PP	91.5157	66.2949	36.0578
GID	ADF	69.7742	82.4531**	59.9149*
	PP	42.7702	42.0066	79.5121
SPR	ADF	82.4355**	63.2850	100.7260***
	PP	105.8430***	68.3950	101.7690***
ETM	ADF	69.8951	56.9584	23.3582
	PP	66.2777	47.1454	24.0751

Luego se debe realizar las pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia para cada una de las series, observándose en la **Tabla 3** que en todas ellas se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria presente. Por lo tanto, se puede concluir que las series se encuentran integradas de orden 1, cumpliéndose con la condición de que las series sean estacionarias para realizar la prueba de cointegración.

Tabla 3. Prueba de raíz unitaria de panel, Primera diferencia. Fuente: Elaboración Propia

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	502.5940***	497.9410***	278.6060***
	PP	512.0960***	526.5210***	304.9500***
FBC	ADF	636.7940***	523.7430***	995.4690***
	PP	650.0430***	549.9500***	994.8760***
GPE	ADF	549.9950***	452.0980***	775.7520***
	PP	593.6050***	932.2200***	853.7950***
GID	ADF	274.0960***	229.3310***	354.6460***
	PP	352.0560***	322.5320***	391.3960***
SPR	ADF	543.0780***	465.8230***	739.8570***
	PP	588.8420***	1037.9900***	808.5150***
ETM	ADF	433.4690***	360.2040***	619.4870***
	PP	451.3190***	435.5200***	643.5570***

A continuación, la serie de los residuos de la combinación lineal compuesta por el PIB_{it} como variable dependiente y FBC_{it} , GPE_{it} , GID_{it} , SPR_{it} y ETM_{it} como variables independientes, se le realizan las pruebas de cointegración de Predoni, ADF y PP, con el propósito de establecer una relación a largo plazo de las variables y que ésta no corresponda a una relación espuria. Los estadísticos de las pruebas de cointegración son en forma homogénea (Panel) y heterogénea (Grupo), observándose en la **Tabla 4** que existen varias pruebas en las que la serie de los residuos de dicha combinación lineal rechaza la hipótesis nula de no cointegración con una significancia del 1%, es decir que los residuales son $I(0)$, y con ello la combinación lineal es estacionaria, estableciéndose que las series, PIB_{it} , FBC_{it} , GPE_{it} , GID_{it} , SPR_{it} y ETM_{it} se encuentran cointegradas.

Tabla 4. Prueba de cointegración de panel. Fuente: Elaboración propia

		Prueba	Estadístico
Intercepto	Panel	PP	-0.8025
		ADF	-2.7037***
	Grupo	PP	-2.3368***
		ADF	-2.7225***
Intercepto y tendencia	Panel	PP	2.9731
		ADF	1.9181
	Grupo	PP	0.3542
		ADF	1.1563
Sin intercepto ni tendencia	Panel	PP	-1.2386
		ADF	-2.3215**
	Grupo	PP	-3.0465***
		ADF	-6.2753***

Estimación de la relación de largo plazo

Al cumplirse de manera satisfactoria las dos pruebas anteriores, raíz unitaria y cointegración, es posible realizar la estimación de largo plazo entre las series a través de los modelos, SOLS, FMOLS y CCE. Existiendo un análisis de Panel, en el cual considera que el coeficiente de estimación se comporta de manera homogénea, es decir, el estimador es similar entre los países de estudio. Pero aquello podría causar alguna dificultad, ya que se esperaría alguna diferencia entre los países, debido a que cada uno de ellos presenta sus propias cualidades y características económicas, sociales, geográficas, entre otras, las cuales no se encuentran representadas en el modelo. Por ello también se realiza un análisis por Grupo, el cual permitiría observar las posibles inconsistencias causadas por la heterogeneidad de los coeficientes de estimación. El análisis con respecto a la heterogeneidad no se obtiene para todos los modelos debido a la presencia de una matriz singular y con ello la multicolinealidad perfecta, en consecuencia, no se pueden calcular los coeficientes de estimación y en aquellos casos solo se considerará el análisis respecto a la homogeneidad.

Para las estimaciones realizadas, resumidas en la **Tabla 5**, casi en su totalidad los coeficientes son significativos al 1%, exceptuando la serie SPR en el modelo SOLS en Grupo y en el modelo CCE por Panel, en donde ambos son significativos al 5%. Las diferencias en magnitud de los estimadores de Panel y Grupo son debidas a que los coeficientes de estimación de algunos países se escapan del resto.

Pudiéndose establecer que existe una correlación positiva entre FBC, GPE, GID o ETM con el PIB en el largo plazo, debido a que gran parte de los países en estudio con estimaciones significativas tienen una relación positiva, demostrándose que aquello es coherente con los trabajos presentados en la evidencia empírica. Cabe destacar que es el gasto en I&D el que tiene un mayor impacto sobre el crecimiento económico, siguiéndole el gasto público en educación. Pero un aumento de SPR provoca una disminución del PIB, en donde entre los 12 países con estimaciones significativas, cerca de la mitad presentan una relación negativa, es por ello que es difícil de concluir sobre aquella relación y además no se encuentra una razón válida para verificarla, demostrándose aquello en los trabajos desarrollados por Ulku (2004), Robledo (2012), Pece et al. (2015), Baumert et al. (2016) y Pradhan et al. (2018), en donde estas dos variables tienen una relación positiva en el largo plazo. Por lo tanto, se concluye que un aumento en el gasto en I&D, gasto público en educación, formación bruta de capital fijo o exportaciones de alta tecnología en bienes manufacturados implica un aumento en el crecimiento económico de un país en el largo plazo.

Tabla 5. Resultados de estimación de la relación entre el PIB y las distintas series. Fuente: Elaboración propia

		Coeficiente	
		Panel	Grupo
SOLS	FBC	0.1509***	0.4603***
	GPE	0.3423***	0.2554***
	GID	0.5309***	0.3915***
	SPR	-0.0669***	-0.0396**
	ETM	0.1013***	0.0830***
FMOLS	FBC	0.1414***	
	GPE	0.4054***	
	GID	0.4988***	
	SPR	-0.0676***	
	ETM	0.1171***	
CCE	FBC	0.2487***	
	GPE	0.1180***	
	GID	-0.0196	
	SPR	0.0240**	
	ETM	0.1019***	

Causalidad

La relación en el corto plazo de las variables se puede observar en la **Tabla 6**, en donde algunas de ellas presentan autocorrelación positiva, tales como, FBC, GID y ETM, es decir, que si alguna de estas variables aumenta en cierto año debería haber un aumento de ella al siguiente. Para el caso de la formación bruta de capital fijo tiene sentido el ser acumulativa, ya que corresponde a la inversión que se destina en bienes de capital tangibles e intangibles utilizados en los procesos de producción. En el gasto en I&D, se esperaría que los gobiernos, universidades y empresas aumenten año tras año aquel gasto para desarrollar nuevos productos y servicios, o mejorar éstos. Finalmente, para la exportación de bienes manufacturados de alta tecnología, se considera que la producción de éstos aumente durante los años lo cual es consistente del punto de vista lógico y como también lo describe en el

trabajo desarrollado por Lall (2000), el cual establece que este tipo de bienes tienden a tener un mayor crecimiento en sus exportaciones, porque generan nuevas necesidades y sustituyen rápidamente a los bienes más antiguos.

Por otro lado, la variable SPR presenta autocorrelación negativa, es decir, si se registran más solicitudes de patentes en un cierto año, al siguiente se registrarán menos, lo cual tiene sentido en base al modelo desarrollado por Bayarcelik y Tasel (2012) y el trabajo de Takalo y Kannianen (2000), ya que en éstos se establece que en el corto plazo podría llegar a presentarse una autocorrelación negativa de esta variable, dependiendo del año en estudio. Las patentes implican costos irre recuperables en términos de diversas tarifas, tales como, las tarifas de presentación, los honorarios de agentes y las tarifas de traducción, lo cual hace que las patentes en el corto plazo sean costosas.

Con respecto a los países que presentan un aumento en el PIB, en el corto plazo generará un mayor registro de solicitudes de patentes (SPR), aquello podría deberse a que un aumento en el crecimiento económico de un país conllevará a tener más dinero el cual podría ser destinado a la innovación.

Por otro lado, como la mayor parte de los países que conforman la OCDE se encuentran considerados como países de un alto nivel de vida, se puede mencionar que, si hay un mayor FBC, es decir, más recursos con los que producir entonces al siguiente año habrá una mayor cantidad de bienes manufacturados que sean de un alto valor agregado que pueden ser exportados, impactando en ETM. En cambio, la relación entre GPE y ETM es unidireccional y negativa, donde un aumento del gasto destinado en educación hará que al siguiente año se exporten menos bienes manufacturados de alta tecnología. En esta última relación no se puede llegar a una conclusión adecuada debido que en el corto plazo pueden

influir otras variables en el modelo como podría llegar a ser en este caso el tipo de cambio de la economía. Cabe destacar que si es analizada en el largo plazo se puede establecer que un mayor gasto público en educación, es decir, una disminución del ahorro de la economía disminuiría la balanza comercial y con ello generaría una disminución de las exportaciones, un aumento de las importaciones o ambas de manera simultánea.

Se tiene una relación unidireccional y positiva entre las variables GID y GPE, en donde un mayor gasto en I&D provoca un mayor gasto en educación al siguiente año, esto puede ser debido a que por lo general ambas políticas están alineadas por un mismo ministerio o que ministerios correspondientes trabajen de manera coordinada, dependiendo sea el caso del país. Pero también podría ser que fortuitamente las políticas realizadas hayan causado esta relación entre el GID y GPE a través de los años de análisis.

Por último, se tiene una relación bidireccional entre SPR y ETM, pero ésta presenta un inconveniente, debido a que por un lado si se tiene una mayor exportación de bienes manufacturados de alta tecnología provoca una mayor cantidad de solicitudes de patentes al siguiente año, es decir, presenta una relación positiva. Pero en el caso de la otra dirección de la relación presenta un inconveniente, ya que ésta es negativa, esto quiere decir que, si se registran más solicitudes de patentes provocará una menor cantidad de exportaciones (ETM) al siguiente año, siendo inconsistente desde el punto de vista lógico y además no se encuentra evidencia empírica de aquella relación.

Tabla 6. Resultados VECM. Fuente: Elaboración propia

		Variable Independiente					
Variable Dependiente		$dPIB_{it-1}$	$dFBC_{it-1}$	$dGPE_{it-1}$	$dGID_{it-1}$	$dSPR_{it-1}$	$dETM_{it-1}$
	$dPIB_{it}$	0.2404 (0.2582)	0.0515 (0.5241)	-0.0016 (0.9844)	-0.0203 (0.7547)	-0.0153 (0.6506)	0.0142 (0.6165)
	$dFBC_{it}$	0.2447 (0.2497)	0.1686 (0.0372)	-0.0570 (0.4799)	-0.0436 (0.5010)	-0.0435 (0.1987)	0.0284 (0.3157)
	$dGPE_{it}$	-0.1991 (0.3592)	0.0636 (0.4454)	-0.1171 (0.1525)	0.1296 (0.0536)	0.0259 (0.4689)	0.0029 (0.9211)
	$dGID_{it}$	0.1755 (0.4104)	0.0285 (0.7260)	-0.0290 (0.7194)	0.1174 (0.0712)	-0.0338 (0.3322)	0.0137 (0.6310)
	$dSPR_{it}$	0.4459 (0.0361)	-0.0124 (0.8787)	0.0087 (0.9145)	0.0531 (0.4127)	-0.1708 (0.0000)	0.0481 (0.0896)
	$dETM_{it}$	-0.3474 (0.1027)	0.3344 (0.0000)	-0.1585 (0.0506)	-0.0387 (0.5515)	-0.1061 (0.0021)	0.1075 (0.0002)

6.2. Análisis Chile

El siguiente análisis se llevará a cabo solo para el país de Chile con el propósito de obtener resultados que puedan ser comparados con los otros análisis desarrollados. Se realizó en primera instancia el análisis respecto a las series PIB_{it} , FBC_{it} , GPE_{it} y GID_{it} , pero éstas no se encuentran cointegradas y los estadísticos de los diversos modelos no son significativos. Por ello alternativamente se realizó el análisis de las series PIB_{it} , FBC_{it} y GPE_{it} , llevándose a cabo las pruebas de raíz unitaria a cada una de las series en donde las pruebas utilizadas son ADF y PP, además se han considerado para cada una de estas series tres alternativas, la primera de ellas es con “Intercepto”, la siguiente con “Intercepto y tendencia”, y por último “Sin intercepto ni tendencia”. Obteniéndose en el nivel la aceptación de la hipótesis nula de raíz unitaria presente en cada una de las tres opciones anteriores (Ver **ANEXO B**). Por otro lado, en las pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia, se obtiene el rechazo de la hipótesis nula de raíz unitaria presente de todas las series en estudio (Ver

ANEXO C). Concluyéndose con ello que las series PIB_{it} , FBC_{it} y GPE_{it} son I(1) y por ello es posible realizar las pruebas de cointegración correspondientes.

La combinación lineal se encuentra compuesta por el PIB_{it} como variable dependiente y FBC_{it} y GPE_{it} como variables independientes. Para este análisis las pruebas de cointegración utilizadas corresponden al método de Engle-Granger (tau y z), en donde se puede observar en la **Tabla 7** que solo en la alternativa “Sin intercepto ni tendencia”, la prueba de la serie de los residuos de la combinación lineal rechaza la hipótesis nula de no cointegración con una significancia del 1%. Los resultados obtenidos no son tan auspiciosos como se esperaban, pero de todas maneras se realizará las estimaciones posteriores para poder llevar a cabo el análisis de Chile.

Tabla 7. Prueba de cointegración, Chile. Fuente: Elaboración Propia.

	Prueba	Estadístico
Intercepto	Engle-Granger tau	-2.6727
	Engle-Granger z	-10.7328
Intercepto y tendencia	Engle-Granger tau	-2.6727
	Engle-Granger z	-10.7328
Sin intercepto ni tendencia	Engle-Granger tau	-5.1750***
	Engle-Granger z	8.5124

Para realizar la estimación de largo plazo entre las series será por medio de los modelos SOLS, FMOLS y CCE (Ver **Tabla 8**). Pudiéndose observar que existe una correlación positiva entre las series FBC o GPE con el crecimiento económico, es decir, que un aumento de la serie (FBC o GPE) implica un mayor PIB en el largo plazo.

Tabla 8. Resultados de estimación de la relación entre el PIB y las distintas series, Chile. Fuente: Elaboración Propia.

		Coefficiente
		Grupo
SOLS	FBC	2.6157***
	GPE	1.1888***
FMOLS	FBC	2.9436***
	GPE	1.2696***
CCE	FBC	0.0512
	GPE	-0.0952**

Por otro lado, la relación en el corto plazo de las variables en estudio para Chile se detalla por medio del modelo VECM (Ver **Tabla 9**), en donde no se puede lograr establecer las relaciones entre las variables en estudio, debido que no existe alguna relación significativa. Por lo tanto, no se puede determinar en el corto plazo que un aumento de la serie (FBC o GPE) implica un mayor PIB, que a medida que aumenta el PIB hará con ello que aumente la serie (FBC o GPE), ambas de forma simultánea o que aquellas relaciones se deban a elementos exógenos al modelo.

Tabla 9. Resultados VECM, Chile. Fuente: Elaboración Propia.

		Variable Independiente		
		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}
Variable Dependiente	dPIB _{it}	-0.1309 (0.7751)	-0.0409 (0.7093)	-0.2793 (0.1342)
	dFBC _{it}	2.5667 (0.3123)	-0.5778 (0.3403)	0.3949 (0.6863)
	dGPE _{it}	1.0911 (0.5371)	-0.0624 (0.8759)	0.7089 (0.2880)

6.3. Análisis Complementario

Análisis por zonas geográficas

En este análisis son considerados los 31 países en estudio, agrupándose según a la zona geográfica que pertenecen, Europa, Asia, Oceanía, Norteamérica y Latinoamérica, los países contenidos en cada zona geográfica se encuentran detallados en el **ANEXO D**.

Se realizan las pruebas de raíz unitaria a cada una de las series (PIB_{it} , FBC_{it} , GPE_{it} , GID_{it} y ETM_{it}) para todas las zonas geográficas, las pruebas utilizadas son ADF y PP, además se considera para cada una de estas series tres alternativas, la primera de ellas es con “Intercepto”, la siguiente con “Intercepto y tendencia”, y por último “Sin intercepto ni tendencia”. Obteniéndose en el nivel la aceptación de la hipótesis nula de raíz unitaria presente en al menos una de las tres opciones anteriores, para cada una de las series de las diferentes zonas geográficas (Ver **ANEXO E**). Además, son realizadas las pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia, en donde se obtiene el rechazo de la hipótesis nula de raíz unitaria presente de todas las zonas geográficas (Ver **ANEXO F**). Concluyéndose que cada una de las series en estudio son $I(1)$ y por lo tanto es posible realizar las pruebas de cointegración correspondientes.

La combinación lineal se encuentra compuesta por el PIB_{it} como variable dependiente y FBC_{it} , GPE_{it} , GID_{it} y ETM_{it} como variables independientes. Los estadísticos de las pruebas de cointegración son en forma homogénea (Panel) y heterogénea (Grupo), observándose que para cada una de las zonas geográficas existen pruebas en las que la serie de los residuos de la combinación lineal rechaza la hipótesis nula de no cointegración, es decir, que su significancia es del 1%, 5% o 10% (Ver **Tabla 10**). Pero en el caso de Oceanía

no se podrá concluir respecto a sus datos debido a que éstos no son tan auspiciosos como se esperaban. En las otras zonas geográficas se obtiene que los residuales son $I(0)$, y por lo tanto la combinación lineal es estacionaria, estableciéndose que las series se encuentran cointegradas.

Tabla 10. Prueba de cointegración de panel, Zonas Geográficas. Fuente: Elaboración propia

		Estadístico					
		Prueba	Europa	Asia	Oceanía	Norteamérica	Latinoamérica
Intercepto	Panel	PP	-0.4524	1.2498	0.2630	-4.3317***	1.2672
		ADF	-1.6788**	1.6307	0.0139	-2.7813***	-0.1548
	Grupo	PP	-1.2139	0.7634	2.0113	-2.2812**	2.1721
		ADF	-1.2762	0.9987	0.8667	-2.2530**	-0.0655
Intercepto y tendencia	Panel	PP	3.7731	-1.2834*	0.9525	-0.6770	-3.3691***
		ADF	1.7600	-1.2813*	-1.4602*	-0.6110	-3.0524***
	Grupo	PP	4.2856	-2.1949**	1.6805	-3.0902***	-5.3953***
		ADF	1.1242	-1.3058*	-2.0849**	-2.3662***	-2.9633***
Sin intercepto ni tendencia	Panel	PP	-2.3434***	-0.7090	0.6807	0.3559	-1.4177*
		ADF	-4.0868***	-1.4368*	0.6062	-6.6357***	-2.2703**
	Grupo	PP	-1.6209*	0.7369	-0.7542	-1.4958*	-3.4458***
		ADF	-4.6974***	-0.6511	-1.8158**	-9.8335***	-2.5168***

Cumplíendose las dos pruebas anteriores de manera satisfactoria para las zonas de Europa, Asia, Norteamérica y Latinoamérica, es posible realizar la estimación de largo plazo en Panel entre las series a través de los modelos, SOLS, FMOLS y CCE (Ver **Tabla 11**). El análisis respecto a estos modelos en Grupo se encuentra detallada en el **ANEXO G**.

Como Latinoamérica está compuesta por un grupo de países que su principal actividad económica es la de extraer materias primas y en donde la innovación tecnológica queda en un segundo plano para mejorar el bienestar de la sociedad, se puede establecer a través de los modelos de largo plazo, que un aumento de FBC es beneficioso para esta zona

geográfica debido a que aumentará el PIB, teniendo en cuenta que dentro de las variables analizadas FBC es la que tiene un mayor impacto en el crecimiento económico de Latinoamérica. Es importante destacar la existencia de una relación negativa entre dos variables, en donde el gasto que se destina en I&D generará en el largo plazo una disminución en el PIB. Estas dos relaciones concuerdan con la realidad, ya que como se mencionó anteriormente las economías de Latinoamérica se encuentran basadas en extraer materias primas para luego ser exportadas y no el de innovar en bienes de alta tecnología, en donde para abastecerse de éstos es realizado principalmente a través de la importación de los países pioneros en investigación y producción de estos bienes, considerando relevante mencionar que la escasa inversión que destina Latinoamérica en I&D podría llegar a estar subsidiada por el mismo sistema económico, es decir, que aquella inversión se podría llevar a cabo gracias al mayor crecimiento económico debido a la FBC.

En el caso de Europa, Asia y Norteamérica, son zonas que les es beneficio realizar inversiones en I&D, ya que aumentará el crecimiento económico en el largo plazo, considerándose Asia la zona que más impacto tiene aquel gasto en el PIB. Esta relación es debido a que gran parte de los países de estas zonas tienen el objetivo de lograr desarrollar nuevos productos y servicios que puedan aumentar el bienestar de la sociedad, teniendo programas e intuiciones destinadas especialmente para aquello. Zonas que se dedican a innovar tecnológica, como es el caso de Europa, exportarán los bienes manufacturados de alta tecnología generando en el largo plazo un aumento en el crecimiento económico.

Cabe destacar que FBC para Norteamérica tiene una relación positiva con el crecimiento económico, esto es debido a que, tanto en Estados Unidos como en Canadá, además de desarrollar la innovación, también se encuentran destinados a la extracción de

minerales y a la producción agrícola. En el caso de Estados Unidos, es el tercer productor de petróleo y el mayor productor de maíz y soya. Canadá es el país líder en extraer níquel, zinc y uranio, y el principal productor de trigo, colza y otros cereales. Teniendo la capacidad de aprovechar los avances tecnológicos desarrollados para la extracción de recursos en áreas que antes eran incansables.

Con respecto al gasto en educación que realiza Europa, Norteamérica y Latinoamérica, se puede concluir que un aumento de éste generará en el largo plazo un aumento en el PIB, ya que traerá consigo una mejora en algún aspecto de la educación con lo cual la sociedad desarrollará habilidades y adquirirá conocimientos nuevos que de alguna manera impactarán en la productividad del país. En cambio, la relación negativa de aquellas variables en Asia no presenta una razón teórica válida, en comparación con las demás zonas geográficas.

Tabla 11. Resultados de estimación de la relación entre el PIB y las distintas series, Panel. Fuente: Elaboración propia

		Coeficiente			
		Europa	Asia	Norteamérica	Latinoamérica
SOLS	FBC	-0.0199	0.2177	1.2547***	0.7651***
	GPE	0.3467***	-0.0880	0.0941	0.5865***
	GID	0.3758***	0.9091***	0.7043**	-0.2214**
	ETM	0.1520***	-0.0069	-0.0731	-0.0065
FMOLS	FBC	-0.0449	0.1477	1.4754***	0.7423***
	GPE	0.3848***	-0.3756**	1.0020***	0.7024***
	GID	0.3409***	1.1921***	1.7032***	-0.2590**
	ETM	0.1648***	0.0723	-0.3550**	0.0210
CCE	FBC	0.1053***	0.6620***	-0.1491	0.5697***
	GPE	0.0660	-0.2655**	0.1843**	0.0748
	GID	-0.0367	0.4596***	-0.0606	-0.1434***
	ETM	0.1144***	0.1456***	-0.0099	0.0971***

Por otro lado, la relación en el corto plazo de las variables en estudio para las diferentes zonas geográficas se detalla a continuación. En primer lugar, se analizará Europa, pudiéndose observar en la **Tabla 12**, que las variables FBC, GID y ETM, presentan autocorrelación positiva, es decir, que si alguna de estas variables aumenta en un cierto año debería haber un aumento de ella al siguiente, lo cual es consistente desde el punto de vista lógico.

Tabla 12. Resultados VECM, Europa. Fuente: Elaboración propia

		Variable Independiente				
		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}	dETM _{it-1}
Variable Dependiente	dPIB _{it}	0.2540 (0.2223)	0.0730 (0.3537)	-0.0157 (0.8500)	-0.0170 (0.8085)	0.0171 (0.5651)
	dFBC _{it}	0.1614 (0.4381)	0.2197 (0.0053)	-0.1315 (0.1130)	-0.0473 (0.5011)	0.0445 (0.1343)
	dGPE _{it}	-0.0346 (0.8707)	0.0034 (0.9663)	-0.1328 (0.1149)	0.1201 (0.1053)	-0.0033 (0.9140)
	dGID _{it}	0.0295 (0.8875)	0.0204 (0.7957)	-0.0342 (0.6801)	0.1641 (0.0199)	0.0099 (0.7396)
	dETM _{it}	-0.8504 (0.0000)	0.4026 (0.0000)	-0.2776 (0.0009)	-0.1973 (0.0053)	0.1144 (0.0001)

Para Europa también se puede observar en la **Tabla 12** que un aumento de FBC hará que en el corto plazo aumente ETM, es decir, como hay más recursos con los que producir entonces al siguiente año habrá una mayor cantidad de bienes manufacturados que sean de un alto valor agregado que pueden ser exportados. En cambio, la relación entre GPE o GID y ETM es unidireccional y negativa, tanto para Europa (Ver **Tabla 12**) como Norteamérica (Ver **Tabla 13**), donde un aumento del gasto destinado en educación o en I&D hará que al siguiente año se exporten menos bienes manufacturados de alta tecnología. En estas dos

últimas relaciones no se puede llegar a una conclusión adecuada debido a que pueden influir otras variables en el corto plazo como es por ejemplo el tipo de cambio de la economía.

Para las zonas geográficas denominadas Norteamérica y Latinoamérica, se puede observar en la **Tabla 13** y **Tabla 14**, respectivamente, que la exportación de bienes manufacturados de alta tecnología es una variable autocorrelativa, es decir, si aumenta en un cierto año debería haber un aumento de ella al siguiente, dicha relación es consistente desde el punto de vista lógico, ya que este tipo de bienes generan nuevas necesidades y sustituyen rápidamente a los bienes más antiguos.

En el caso de Norteamérica y Asia, se puede observar en la **Tabla 13** y **Tabla 15**, respectivamente, la existencia de una relación positiva en donde un aumento del PIB en dichas zonas geográficas generará un aumento en ETM al siguiente año. Esto es debido a que la producción de los bienes manufacturados de alta tecnología que serán exportados son concebidos en un escenario de mayor crecimiento económico, teniendo de esta manera una mayor oportunidad de comercializarlos fuera del país (Gómez y Ramírez, 2017).

Tabla 13. Resultados VECM, Norteamérica. Fuente: Elaboración propia

		Variable Independiente				
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}	dETM _{it-1}
	dPIB _{it}	0.0838 (0.9353)	-0.1936 (0.8207)	0.3273 (0.5121)	0.4832 (0.5493)	-0.1307 (0.6491)
	dFBC _{it}	-0.8145 (0.4328)	0.0361 (0.9663)	0.2976 (0.5507)	0.6545 (0.4187)	-0.2011 (0.4848)
	dGPE _{it}	-2.0588 (0.0871)	-0.0434 (0.9612)	-0.0192 (0.9705)	-0.0339 (0.9666)	-0.0386 (0.9296)
	dGID _{it}	1.7335 (0.1016)	-0.2489 (0.7707)	-0.2625 (0.5985)	-0.4469 (0.5796)	0.2918 (0.3132)
	dETM _{it}	2.1125 (0.0486)	0.6704 (0.4348)	-0.9348 (0.0685)	-1.9848 (0.0192)	0.5630 (0.0577)

Tabla 14. Resultados VECM, Latinoamérica. Fuente: Elaboración propia

		Variable Independiente				
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}	dETM _{it-1}
	dPIB _{it}	0.4267 (0.6795)	-0.0712 (0.8520)	-0.0622 (0.8365)	0.0408 (0.8447)	0.0180 (0.9034)
	dFBC _{it}	0.9283 (0.3691)	0.0301 (0.9371)	0.0182 (0.9518)	0.0111 (0.9575)	-0.0731 (0.6225)
	dGPE _{it}	-1.0520 (0.3129)	0.2056 (0.6043)	-0.1131 (0.7088)	0.1655 (0.4308)	0.0720 (0.6327)
	dGID _{it}	0.9536 (0.3568)	0.4397 (0.2637)	0.1118 (0.7119)	-0.0378 (0.8559)	-0.0795 (0.5945)
	dETM _{it}	0.2504 (0.8087)	-0.1714 (0.6627)	-0.2836 (0.3492)	0.4153 (0.0472)	0.2659 (0.0759)

Tabla 15. Resultados VECM, Asia. Fuente: Elaboración propia

		Variable Independiente				
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}	dETM _{it-1}
	dPIB _{it}	0.0121 (0.9878)	-0.0110 (0.9780)	0.2721 (0.5391)	-0.0229 (0.9340)	0.0078 (0.9139)
	dFBC _{it}	0.2819 (0.7223)	-0.1588 (0.6897)	0.8261 (0.0633)	-0.1018 (0.7131)	-0.0115 (0.8739)
	dGPE _{it}	-0.4080 (0.6174)	0.1575 (0.6977)	-0.0505 (0.9100)	-0.2503 (0.4120)	-0.0481 (0.5215)
	dGID _{it}	0.6488 (0.4151)	0.1049 (0.7927)	-0.3788 (0.3928)	0.0952 (0.7320)	0.0967 (0.1860)
	dETM _{it}	1.3376 (0.0930)	0.2427 (0.5418)	-0.1549 (0.7265)	0.1835 (0.5075)	0.1181 (0.1046)

Las relaciones de cada una de las zonas geográficas que son significativas pero que no han sido analizadas, son consideradas no concluyentes, debido a que no existe una razón teórica válida o presenta alguna inconsistencia desde el punto de vista lógico.

Análisis Top Five

En este análisis se consideran los 5 países que gastan menos y más en I&D y educación, los países contenidos en cada una de las agrupaciones se encuentran detallados en el **ANEXO H**.

Las pruebas de raíz unitaria son realizadas a cada una de las series (PIB_{it} , FBC_{it} , GPE_{it} y GID_{it}) para los cuatro segmentos establecidos, las pruebas utilizadas son ADF y PP, considerándose tres opciones, con “Intercepto”, con “Intercepto y tendencia” y “Sin intercepto ni tendencia”. En el nivel se acepta la hipótesis nula de raíz unitaria presente en al menos una de las tres opciones, para cada una de las series de los segmentos (Ver **ANEXO I**). También, se realizan las pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia, en las cuales en todos los segmentos se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria presente de las series (Ver **ANEXO J**). Con aquello se establece que las series en estudio son $I(1)$, de esta manera es posible realizar las pruebas de cointegración.

La combinación lineal se encuentra compuesta por el PIB_{it} como variable dependiente y FBC_{it} , GPE_{it} y GID_{it} como variables independientes. Para las pruebas de cointegración, los estadísticos son en forma homogénea (Panel) y heterogénea (Grupo), observándose la existencia de pruebas en las que la serie de los residuos de la combinación lineal rechaza la hipótesis nula de no cointegración para cada una de los segmentos, es decir, es $I(0)$. Esta condición es establecida en la opción “Sin intercepto ni tendencia” (Ver **Tabla 16**), con ello es posible definir que la combinación lineal es estacionaria, y por lo tanto las series se encuentran cointegradas.

Tabla 16. Prueba de cointegración de panel, Top Five. Fuente: Elaboración propia

			Estadístico			
		Prueba	Menor GPE	Mayor GPE	Menor GID	Mayor GID
Intercepto	Panel	PP	0.9155	0.9084	1.1234	2.2617
		ADF	0.8926	0.9928	0.8297	2.2509
	Grupo	PP	0.0674	-0.8781	1.3981	1.4743
		ADF	0.3341	-1.4824*	1.0010	1.2930
Intercepto y tendencia	Panel	PP	0.3995	0.0867	0.6454	0.0648
		ADF	0.6755	0.2824	1.0091	0.0144
	Grupo	PP	-0.7216	0.2955	-0.8071	-1.8006**
		ADF	0.5342	0.2300	0.9231	-0.3434
Sin intercepto ni tendencia	Panel	PP	-0.7374	-1.5100*	-1.6649**	-0.4782
		ADF	-2.2804**	-2.4439***	-2.5835***	-2.6970***
	Grupo	PP	-1.7951**	-0.3793	-3.5693***	-0.5593
		ADF	-3.2917***	-4.9581***	-3.8241***	-2.8146***

La relación en el largo plazo de todas variables en estudio con respecto al crecimiento económico es positiva, pudiéndose concluir que aquello es lo que se esperaría del punto de vista lógico. En donde para los 5 países que gastan más y menos en I&D y educación, se establece que un aumento de FBC, GID o GPE provocará un aumento en el largo plazo del PIB, dependiendo del segmento al que se analiza. Como es posible de observar para el caso del gasto en educación en la **Tabla 17** y el gasto en I&D en la **Tabla 18**. En específico se destaca que los países que gastan menos en educación o I&D, son aquellos que no presentan un nivel de vida elevado, por lo cual es de suma importancia la formación bruta de capital en comparación a los países que se encuentran enfocados en la innovación para el desarrollo del bienestar de la sociedad, donde estos últimos corresponden a los que gastan más en I&D, Israel, Suecia, Finlandia, Japón y Estados Unidos, ya que en ellos el crecimiento económico es impactado en mayor medida por el GID que por la FBC.

Tabla 17. Resultados de estimación de la relación entre el PIB y las distintas series, Menor GPE.
Fuente: Elaboración propia

		Coeficiente			
		Menor GPE		Mayor GPE	
		Panel	Grupo	Panel	Grupo
SOLS	FBC	0.4280***	0.4076***	0.0545	0.8065***
	GPE	0.5539***	0.4499***	0.3520**	0.3038**
	GID	0.3694***	0.2570***	0.3172***	0.3417*
FMOLS	FBC	0.3914***	-0.2545**	0.1111	0.8777**
	GPE	0.5248***	0.1143	0.6025***	0.3328**
	GID	0.4544***	1.0773***	0.2121*	0.4907
CCE	FBC	0.3821***	0.1595***	0.0363	0.0025
	GPE	0.3320***	0.0882	0.3389***	0.0312
	GID	0.0307	0.0765	-0.2231***	-0.0053

Tabla 18. Resultados de estimación de la relación entre el PIB y las distintas series, Menor GID.
Fuente: Elaboración propia

		Coeficiente			
		Menor GID		Mayor GID	
		Panel	Grupo	Panel	Grupo
SOLS	FBC	0.7288***	0.4879***	0.3852**	0.8116***
	GPE	0.6632***	0.5923***	0.0042	-0.1953
	GID	0.1027	0.1722	0.8837***	0.3299**
FMOLS	FBC	0.7642***	-0.2117**	0.6467***	
	GPE	0.6687***	0.2314	0.0055	
	GID	0.1044	1.0113*	0.7805***	
CCE	FBC	0.4587***	0.1731*	0.4816***	
	GPE	0.3129***	-0.0484	-0.5266***	
	GID	-0.0032	-0.0063	0.2119***	

Por otro lado, la relación en el corto plazo de las variables en estudio para los cuatro segmentos se detalla a continuación. En primer lugar, se tiene el análisis de los países que gastan más y menos en educación, pudiéndose observar en la **Tabla 19** y la **Tabla 20**, que sin importar cuanto es lo que inviertan los países en educación, si existe un aumento en el PIB entonces al siguiente año habrá un aumento en el gasto en I&D, presentándose una

relación positiva y unidireccional, ya que para efectuar una inversión en I&D el país debe encontrarse en un escenario con un previo crecimiento económico, es decir, que no se encuentre con limitaciones de tipo económicas. Además, los países en estudio realizan gastos en I&D para el desarrollo de su innovación, existiendo ciertos países con un alto nivel de vida en donde su económica se encuentra basada en el conocimiento y es con ello que por medio del avance de su tecnología buscan mejorar el bienestar de la sociedad.

Tabla 19. Resultados VECM, Menor GPE. Fuente: Elaboración Propia

		Variable Independiente			
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}
	dPIB _{it}	0.4913 (0.3927)	-0.0883 (0.6530)	0.0834 (0.6113)	-0.0116 (0.8959)
	dFBC _{it}	0.3439 (0.5494)	-0.0332 (0.8657)	0.1501 (0.3608)	-0.0465 (0.6002)
	dGPE _{it}	-0.9227 (0.1233)	0.4944 (0.0200)	-0.0160 (0.9231)	0.0771 (0.4120)
	dGID _{it}	1.0593 (0.0668)	0.0460 (0.8165)	0.1311 (0.4265)	-0.0983 (0.2702)

Con respecto al análisis de los 5 países que más gastan en educación, también se considera que la variable FBC presenta una autocorrelación positiva, ya que un aumento de aquella variable en un cierto año generará que aumente al siguiente, pudiéndose establecer que aquella relación presenta consistencia desde el punto de vista lógico, pero no se puede observar el nexos que puede haber con el segmento de países que invierten más en educación.

Tabla 20. Resultados VECM, Mayor GPE. Fuente: Elaboración Propia

		Variable Independiente			
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}
	dPIB _{it}	0.1779 (0.6278)	0.0974 (0.3018)	-0.0261 (0.8365)	-0.0121 (0.9165)
	dFBC _{it}	-0.4066 (0.2681)	0.3896 (0.0000)	-0.2950 (0.0205)	-0.3463 (0.0028)
	dGPE _{it}	-0.5777 (0.1226)	0.1271 (0.1839)	-0.2996 (0.0189)	0.0855 (0.4826)
	dGID _{it}	0.9427 (0.0112)	-0.0598 (0.5277)	-0.0696 (0.5832)	0.1006 (0.3847)

En el corto plazo para los países que invierten menos en I&D, no se puede llegar a concluir alguna relación consistente entre las variables, debido que la única relación significativa establece que si aumenta FBC al siguiente año aumentará el gasto en educación, es decir, aquellas variables presentan una relación positiva y unidireccional (Ver **Tabla 21**). No encontrándose una conexión entre ellas y tampoco evidencia empírica para establecer aquella relación.

Tabla 21. Resultados VECM, Menor GID. Fuente: Elaboración Propia

		Variable Independiente			
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}
	dPIB _{it}	0.3569 (0.5176)	-0.1011 (0.5952)	0.0533 (0.7356)	0.0019 (0.9831)
	dFBC _{it}	0.3659 (0.5070)	-0.1255 (0.5098)	0.1518 (0.3362)	0.0031 (0.9724)
	dGPE _{it}	-0.9316 (0.1058)	0.4196 (0.0425)	-0.0737 (0.6428)	0.0959 (0.3052)
	dGID _{it}	0.5100 (0.3563)	0.1934 (0.3144)	0.0653 (0.6800)	-0.1063 (0.2310)

Los países que destinan una mayor inversión en I&D, son aquellos que tienen como propósito ser líderes en innovación, por ello se espera que la variable GID sea autocorrelativa de forma positiva, es decir, que si aumenta en un cierto año aquel gasto al siguiente deberá aumentar. Además, tiene sentido que al haber un aumento del crecimiento económico en el corto plazo exista un aumento del gasto en I&D, debido que aquellos países consideran la innovación tecnológica como una oportunidad para asegurar el nivel de vida de la sociedad y si se encuentran en un escenario de un auge económico, destinarán más dinero en I&D (Ver **Tabla 22**).

Por último, se obtiene que un aumento del PIB generará un aumento de la formación bruta de capital fijo en el corto plazo, en donde no existe evidencia empírica para establecer alguna conexión de esta relación con los países que invierten más en I&D, ya que las economías de estos países se encuentran enfocados en destinar recursos a la innovación tecnológica. Por otro lado, se aprecia que un mayor gasto en I&D provoca un mayor gasto en educación al siguiente año, es decir, estas dos variables presentan una relación positiva y unidireccional (Ver **Tabla 22**). Pero aquello podría ser debido a que fortuitamente las políticas desarrolladas en educación e innovación hayan causado esta relación. No pudiéndose encontrar evidencia empírica para determinar porque se origina aquella relación en los países que gastan más en I&D.

Tabla 22. Resultados VECM, Mayor GID. Fuente: Elaboración Propia

		Variable Independiente			
Variable Dependiente		dPIB _{it-1}	dFBC _{it-1}	dGPE _{it-1}	dGID _{it-1}
	dPIB _{it}	0.0897 (0.6675)	-0.0543 (0.6971)	-0.0756 (0.5431)	-0.0510 (0.5700)
	dFBC _{it}	0.5934 (0.0048)	0.1286 (0.3573)	-0.0139 (0.9108)	-0.2797 (0.0020)
	dGPE _{it}	-0.3485 (0.1102)	0.1371 (0.3373)	-0.0771 (0.5437)	0.1824 (0.0541)
	dGID _{it}	0.5723 (0.0065)	0.2137 (0.1266)	0.0850 (0.4941)	0.2156 (0.0169)

Cabe destacar que las relaciones de los cuatro segmentos que son significativos y que no han sido analizados, serán considerados no concluyentes, porque presentan inconsistencia desde el punto de vista lógico o no existe razones teóricas válidas para explicar la relación.

7. CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado es posible establecer ciertas aristas importantes respecto a la relación de la innovación tecnológica y el crecimiento económico. Pero antes de mencionar aquello, es relevante considerar las dificultades que presentan los países a la hora de realizar las políticas económicas relacionadas a la innovación tecnológica, ya que gobiernos desconocen en que áreas enfocarse para desarrollarla y de esta manera lograr un mejor bienestar de la sociedad. Cabe destacar que las bases de cada una de las economías del mundo son diversas, algunas de ellas se encuentran basadas en el conocimiento y el desarrollo de la tecnología, debido que la innovación presenta un mayor impacto sobre el PIB. Pero también existen otras economías que se basan en la extracción de materias primas, en donde la cantidad de recursos que se destinan para aquello impactarán en el PIB, y es principalmente en este último tipo de economía que no se toma en cuenta la importancia o desconocen el impacto que puede tener la innovación tecnológica sobre el crecimiento económico de un país, ya que aún les es posible aumentar el capital para lograr un mayor crecimiento económico.

Este estudio resulta relevante desde el punto de vista teórico, ya que permite establecer relaciones de las variables expuestas que puedan manejar de mejor manera las políticas que se encuentren relacionadas a la innovación tecnológica. Sobre los resultados obtenidos es interesante mencionar que, para los 31 países en estudio, se establece que tanto la formación bruta de capital fijo, el gasto en educación, el gasto en I&D y las exportaciones de bienes manufacturados de alta tecnología generan en el largo plazo un aumento en el crecimiento económico. Destacándose el gasto en I&D como la variable en estudio que mayor impacto tiene en el PIB de un país, siguiéndole el gasto público en educación, con ello

se puede concluir que la innovación corresponde un factor determinante en el crecimiento económico. Por otro lado, en el corto plazo se considera la causalidad más relevante la que establece que mayores niveles de PIB provocan un mayor registro de solicitudes de patentes, es decir, economías que se encuentren en auge tendrán más posibilidades de desarrollar o mejorar nuevos bienes o servicios.

Con respecto a Chile se puede concluir que la relación entre la formación bruta de capital y el crecimiento económico se comporta de igual manera a la zona de Latinoamérica, donde una mayor cantidad de recursos con los que producir hará que aumente el PIB de la economía, ya que ésta se encuentra basada en el capital para la producción de bienes y la extracción de materias primas. En contraste con los resultados obtenidos en el análisis general, en donde los países de la OCDE es el gasto en I&D la variable que impacta más al crecimiento económico, esta diferencia se debe a que Chile aún presenta la capacidad de aumentar el capital para lograr una mayor producción. Con respecto a la relación anterior entre la formación bruta de capital y el crecimiento económico, se puede mencionar que Chile se comporta de manera similar a la zona de Norteamérica, esto se debe a que se rigen por un sistema económico parecido y no tanto con los sistemas económicos de las zonas de Asia y Europa. Por otro lado, con respecto al gasto público en educación, se tiene una correlación positiva con el crecimiento económico, no siendo posible determinar con todos los análisis realizados la causalidad de aquellas variables.

Un análisis más acabado fue el realizado a través de las diferentes zonas geográficas establecidas, Europa, Asia, Norteamérica y Latinoamérica. Pudiéndose concluir que un país perteneciente a Latinoamérica, en donde su crecimiento económico se basa principalmente en la extracción de materias primas, es la formación bruta de capital fijo de suma importancia

para el desarrollo de sus actividades en comparación con el gasto que realizan en I&D, donde en esta última área se encuentran en un severo déficit con respecto a la incorporación de conocimiento y tecnología a sus procesos productivos, ya que la inversión en I&D no es considerada un beneficio para aquellos países. Por otro lado, existen otros que desarrollan políticas económicas dirigidas a mejorar la innovación, como son algunos países pertenecientes a Europa, Asia y Norteamérica, donde sus economías se basan en el desarrollo de conocimientos y nuevas tecnologías, por lo tanto, un gasto que sea realizado con aquel propósito aumentará el crecimiento económico en dichos países. Por otro lado, es importante hoy en día considerar el impacto que pueda generar la educación, ya que ésta hace que los habitantes tengan mayores conocimientos y habilidades, las cuales podrían presentar un impacto en la base del desarrollo de nuevas tecnologías, por lo tanto, el gasto destinado en la educación de un país es un factor clave para la innovación, en donde aquel gasto provocará un aumento en el crecimiento económico.

En el caso del otro análisis desarrollado, respecto a los cinco países que gastan más y menos en I&D y educación, se puede establecer que en el largo plazo un aumento de la formación bruta de capital fijo, el gasto en I&D o un gasto en educación provocará un aumento en el PIB, dependiendo al grupo de países que se pertenece. Pero en el corto plazo, se llega a la conclusión que los países que gastan más en I&D, como es el caso de Israel, Suecia, Finlandia, Japón y Estados Unidos, países que presentan políticas económicas que incentivan de una u otra forma la innovación y el de tener instituciones establecidas que velan por llevar a cabo el desarrollo de la innovación tecnológica de la mejor manera, son países que se encuentran en un escenario en el que cada año aumenta el gasto en I&D. Además, si un país presenta un crecimiento económico, éste destinará más dinero en I&D, ya que

corresponden a economías que se encuentran basadas en el conocimiento y el desarrollo de la tecnología.

En los diversos análisis desarrollados en este trabajo, tanto en el largo como corto plazo, queda la duda de ciertas relaciones entre las variables, las que no se dirigen a conclusiones concordantes con la teoría debido a que podrían llegar a depender de otra variable que no se encuentra en el modelo o que no existe una conexión lógica entre las variables, por ello estas relaciones se dejan expuestas para futuras investigaciones.

Por último, una recomendación resulta ser el desarrollo de una institución relacionada a la innovación, que agrupe a varios organismos de esta área, de manera que velen de manera conjunta por el cumplimiento de las estrategias establecidas por el gobierno en este tema. En donde los efectos de la innovación tecnológica sobre el crecimiento económico de un país pueden ser controlados con un mayor gasto en I&D, en formación bruta de capital fijo, gasto en educación, y exportación de bienes manufacturados de alta tecnología.

8. REFERENCIAS

- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing . *Review of Economics Studies*.
- Baumert, T., Buesa, M., Gutiérrez, C., y Heijs, J. (2016). *Innovación y crecimiento económico*. Madrid, España: Universidad Complutense.
- Bayarcelik, E., y Tasel, F. (2012). Research and Development: Source of economic growth. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 58, 744-753.
- Benavides, O. (1997). Teoría del crecimiento endógeno. Economía política y economía matemática. *Cuadernos de Economía*, 16(26), 47-67.
- Cruz, A. (2008). La ruta de la innovación en Chile. *Journal of Techonology Management & Innovation*, 3(1), 1-9.
- De Lucio, I., Jurado, J., y Gracia, A. (2011). Ciencia e Innovación: Una relación compleja y evolutiva. *Anbor*, 187(752) 1077-1089.
- Dickey, D., y Fuller, W. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- Engle, R., y Granger, C. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Galindo, M., y Méndez, M. (2014). Entrepreneurship, economic growth, and innovation: Are feedback effects at work? *Journal of Business Research*, 67(5), 825-829.

- Gómez, A., & Ramírez, Z. (2017). Causalidad entre las importaciones y el crecimiento económico: Evidencia empírica para el departamento del CAUCA. *Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*.
- Gujarati, D., y Porter, D. C. (2010). *Econometría* (Quinta ed.). México DF: McGraw Hill.
- Guloglu, B., y Tekin, R. (2012). A panel causality analysis of the relationship among research and development, innovation, and economic growth in high-income OECD countries. *Eurasian Economic Review*, 2(1), 32-47.
- Labrador, L., Ladrón, A., y Tejero, A. (2012). Sistema Nacional de Innovación: El caso de Finlandia. *Electronic Working Papers*.
- Lall, S. (2000). The Technological Structure and Performance of Developing Country Manufactured Exports, 1985-98. *Oxford Development Studies, Taylor & Francis Journals*, vol. 28(3).
- Li, G., Wong, K., Song, H., y Witt, S. (2006). Tourism demand forecasting: A time varying parameter error correction model. *Journal of Travel Research*, 45(2), 175-185.
- Mankiw, N. (2014). *Macroeconomía*. Nueva York, Estados Unidos: Antoni Bosch editor.
- Mankiw, N., Romer, D., y Weil, D. (1992). A Contribution to the Empirirccs of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(1), 407-37.
- McKinsey & Company. (2015). Desarrollando una agenda para impulsar la productividad de Chile, Innovación. *Primera sesión - Mesa de innovación*.
- Metcalf, J. (1995). Technology systems and technology policy in an evolutionary framework. *Cambridge journal of economics*, 19(1), 25-46.

- OECD, y Eurostat. (2005). *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. OECD Publishing.
- Parkin, M. (2007). *Macroeconomía* (Séptima ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson.
- Pece, A., Simona, O., y Salisteanu, F. (2015). Innovation and economic growth: An empirical analysis for CEE countries. *Procedia Economics and Finance*, 26, 461-467.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 653-670.
- Pedroni, P. (2001). Purchasing power parity tests in cointegrated panels. *Review of Economics and Statistics*, 83(4), 727-731.
- Pesaran, M. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- Phillips, P., y Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Phillips, P., y Ouliaris, S. (1990). Asymptotic properties of residual based test for cointegration. *Econometric: Journal of the Econometric Society*, 165-193.
- Pradhan, R., Arvin, M., y Bahmani, S. (2018). Are innovation and financial development causative factors in economic growth? Evidence from a panel granger causality test. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 130-142.

- Prieto, L. (2017). *Innovation and Enonomic Growth: Cross-Country Analysis Using Science and Technology Indicators*. (Doctoral dissertation). Georgetown University. Washington, Estados Unidos.
- Pulido, A. (2005). *La innovación en el siglo XXI*. Madrid, España: Centro de Predicción Económica (CEPREDE).
- Rebelo, S. (1991). Long-run Policy Analysis and Long-run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500-521.
- Robledo, J. (2012). Impacto De Las Patentes Sobre El Crecimiento Económico: Un Modelo Panel Cointegrado .
- Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98 (5, Part 2).
- Sala i Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Barcelona, España: Antoni Bosch Editor.
- Schwab, K., Sala, X., & Samans, R. (2017). *The Global Competitiveness Report*. Ginebra: World Economic Forum.
- Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics* , 70(1), 65-94.
- Takalo , T., y Kannianen , V. (2000). Do patents slow down technological progress?: Real options in research, patenting, and market introduction. *International Jornal of Industrial Organization*, 18(7), 1105-1127.

The World Bank. (s.f.). *Science & Technology*. Obtenido de

<https://data.worldbank.org/indicator?tab=all>

Ulku, H. (2004). *RandD, innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis*.

International Monetary Fund.

Yüksel, S. (2017). The impacts of research and development expenses on export and economic growth. *International Business and Accounting Research Journal*, 1(1), 1-8.

9. ANEXOS

ANEXO A. Lista de países y códigos

Nombre	Código
Australia	AUS
Austria	AUT
Bélgica	BEL
Canadá	CAN
Chile	CHL
Colombia	COL
República Checa	CZE
Alemania	DEU
Dinamarca	DNK
España	ESP
Finlandia	FIN
Francia	FRA
Reino Unido	GBR
Grecia	GRC
Hungría	HUN
Irlanda	IRL
Islandia	ISL
Israel	ISR
Italia	ITA
Japón	JPN
Lituania	LTU
México	MEX
Países Bajos	NLD
Noruega	NOR
Nueva Zelanda	NZL
Polonia	POL
Portugal	PRT
Eslovaquia	SVK
Suecia	SWE
Turquía	TUR
Estados Unidos	USA

ANEXO B. Pruebas de raíz unitaria en el nivel – Chile

Nivel				
		Estadístico		
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	0.0934	1.1738	0.0003
	PP	0.0852	0.8221	0.0000
FBC	ADF	0.8640	0.7090	0.2762
	PP	1.8835	4.1787	0.2558
GPE	ADF	3.1127	1.2874	0.1104
	PP	0.7025	0.1445	0.0247

ANEXO C. Pruebas de raíz unitaria en la 1° diferencia – Chile

Primera diferencia				
		Estadístico		
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	22.3865***	18.4207***	17.1913***
	PP	22.3010***	18.4207***	17.2195***
FBC	ADF	42.3378***	37.7572***	110.8140***
	PP	42.6281***	38.2173***	89.6592***
GPE	ADF	10.4045***	5.9355*	13.9820***
	PP	4.4801	2.2836	8.0594**

ANEXO D. Países por zonas geográficas

Zona	Nombre	Código
Europa	Austria	AUT
	Bélgica	BEL
	República Checa	CZE
	Alemania	DEU
	Dinamarca	DNK
	España	ESP
	Finlandia	FIN
	Francia	FRA
	Reino Unido	GBR
	Grecia	GRC
	Hungría	HUN
	Irlanda	IRL
	Islandia	ISL
	Italia	ITA
	Lituania	LTU
	Países Bajos	NLD
	Noruega	NOR
	Polonia	POL
	Portugal	PRT
	Eslovaquia	SVK
	Suecia	SWE
Asia	Israel	ISR
	Japón	JPN
	Turquía	TUR
Oceanía	Australia	AUS
	Nueva Zelanda	NZL
Norteamérica	Canadá	CAN
	Estados Unidos	USA
Latinoamérica	Chile	CHL
	Colombia	COL
	México	MEX

ANEXO E. Pruebas de raíz unitaria en el nivel según zona geográfica

Zona Geográfica - Europa

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	174.0560***	35.3754	0.1472
	PP	206.3470***	36.5174	0.0323
FBC	ADF	91.3381***	107.2380***	32.7741
	PP	47.5735	41.9680	43.0269
GPE	ADF	67.1606***	56.6127*	16.5039
	PP	68.6885***	45.4658	15.2794
GID	ADF	37.0386	53.6361	39.3623
	PP	23.6438	22.2468	38.0895
ETM	ADF	42.6092	36.7490	12.3932
	PP	40.2371	28.7754	12.4164

Zona Geográfica - Asia

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	57.9906***	12.9222**	0.2017
	PP	55.4305***	12.6177**	0.0002
FBC	ADF	10.8587*	16.0044**	4.6902
	PP	6.2114	11.9700*	3.1610
GPE	ADF	6.4161	11.3686*	6.2478
	PP	6.8710	12.8301**	6.7700
GID	ADF	19.4080***	9.4758	4.8704
	PP	7.4933	5.7933	5.5317
ETM	ADF	6.6897	4.1510	6.6075
	PP	6.6663	4.2893	6.1869

Zona Geográfica - Oceanía

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	3.6027	1.1498	0.0000
	PP	3.6232	1.6176	0.0000
FBC	ADF	7.7457	6.7015	2.7282
	PP	5.4680	4.4245	3.0374
GPE	ADF	5.1328	2.9384	2.8310
	PP	4.8615	2.7956	3.0576
GID	ADF	4.4289	1.6094	1.2812
	PP	3.0511	1.3759	0.6517
ETM	ADF	7.2631	2.5808	0.3427
	PP	7.3879	2.5460	0.3598

Zona Geográfica - Norteamérica

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	22.3593***	5.0696	0.0002
	PP	20.8897***	2.1394	0.0000
FBC	ADF	10.5766**	9.4541*	2.0835
	PP	5.4591	3.8898	2.0187
GPE	ADF	3.6526	2.0039	7.3341
	PP	3.5089	1.3550	10.5224**
GID	ADF	3.1333	6.4433	1.0446
	PP	1.8634	1.8799	1.1005
ETM	ADF	8.9745*	8.4274*	2.5448
	PP	8.6159*	6.9066	3.4902

Zona Geográfica – Latinoamérica

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	15.1988**	3.0795	0.0003
	PP	14.8359**	2.6061	0.0000
FBC	ADF	8.1113	8.3168	1.3460
	PP	8.1300	11.6689*	0.9762
GPE	ADF	8.4353	5.2438	0.5822
	PP	7.5858	3.8484	0.4284
GID	ADF	5.7655	11.2886*	13.3564**
	PP	6.7186	10.7107*	34.1387***
ETM	ADF	4.3587	5.0503	1.4700
	PP	3.3704	4.6280	1.6218

ANEXO F. Pruebas de raíz unitaria en la 1° diferencia según zona geográfica

Zona Geográfica - Europa

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	303.6320***	298.5430***	199.0260***
	PP	313.2280***	329.5500***	205.9170***
FBC	ADF	372.8590***	301.7690***	545.4840***
	PP	376.5100***	315.4940***	552.2360***
GPE	ADF	393.9910***	322.9470***	568.9230***
	PP	428.4940***	777.4950***	614.9490***
GID	ADF	186.3250***	143.7480***	240.8340***
	PP	247.2760***	220.3460***	257.1850***
ETM	ADF	302.7910***	257.1300***	429.9750***
	PP	316.9400***	326.7160***	449.7150***

Zona Geográfica - Asia

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	63.9406***	68.1096***	18.8285***
	PP	63.9421***	66.9547***	35.0195***
FBC	ADF	72.8738***	61.7298***	108.9670***
	PP	75.6334***	63.7501***	103.3480***
GPE	ADF	65.2957***	54.2326***	93.4854***
	PP	69.4119***	64.0312***	108.0930***
GID	ADF	36.2798***	32.9773***	29.9388***
	PP	36.4007***	33.0352***	42.8140***
ETM	ADF	45.7503***	35.6764***	64.5086***
	PP	47.1687***	37.5062***	65.5696***

Zona Geográfica – Oceanía

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	39.1652***	34.3994***	10.4375**
	PP	38.8988***	34.3352***	15.8939***
FBC	ADF	45.7207***	37.0203***	68.6261***
	PP	45.5487***	36.6747***	67.7198***
GPE	ADF	28.5761***	25.9677***	42.2271***
	PP	32.6640***	29.3888***	46.7990***
GID	ADF	9.1842*	17.9466***	13.6598***
	PP	19.3696***	16.9978***	25.1536***
ETM	ADF	27.3859***	22.1749***	37.8343***
	PP	27.1615***	22.9219***	37.7410***

Zona Geográfica – Norteamérica

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	35.4671***	39.6265***	16.4442***
	PP	35.6131***	38.4089***	12.7824**
FBC	ADF	41.1561***	32.7304***	58.7364***
	PP	34.5714***	26.3155***	50.2774***
GPE	ADF	18.2452***	13.1573**	26.0529***
	PP	24.7638***	26.6356***	33.6575***
GID	ADF	9.8515**	10.2660**	24.6156***
	PP	14.9480***	18.8964***	24.5763***
ETM	ADF	20.3335***	15.1458***	31.5986***
	PP	23.0118***	18.7298***	35.2233***

Zona Geográfica – Latinoamérica

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	60.3888***	57.2623***	33.8696***
	PP	60.4142***	57.2719***	35.3373***
FBC	ADF	104.1840***	90.4934***	213.6550***
	PP	117.7790***	107.7160***	221.2940***
GPE	ADF	43.8864***	35.7938***	45.0635***
	PP	38.2709***	34.6688***	50.2962***
GID	ADF	32.4559***	24.3930***	45.5983***
	PP	34.0622***	33.2572***	41.6673***
ETM	ADF	37.2087***	30.0765***	55.5710***
	PP	37.0376***	29.6462***	55.3083***

ANEXO G. Estimación de la relación de largo plazo según zona geográfica

Zona Geográfica - Europa

		Coeficiente	
		Panel	Grupo
SOLS	FBC	-0.0199	0.3582***
	GPE	0.3467***	0.1941***
	GID	0.3758***	0.2250***
	ETM	0.1520***	0.0538***
FMOLS	FBC	-0.0449	
	GPE	0.3848***	
	GID	0.3409***	
	ETM	0.1648***	
CCE	FBC	0.1053***	
	GPE	0.0660	
	GID	-0.0367	
	ETM	0.1144***	

Zona Geográfica – Asia

		Coeficiente	
		Panel	Grupo
SOLS	FBC	0.2177	0.4512*
	GPE	-0.0880	-0.5392
	GID	0.9091***	0.6163**
	ETM	-0.0069	0.0944
FMOLS	FBC	0.1477	1.2933*
	GPE	-0.3756**	-0.8463
	GID	1.1921***	0.8647*
	ETM	0.0723	0.2413
CCE	FBC	0.6620***	0.1159
	GPE	-0.2655**	-0.0162
	GID	0.4596***	0.0997
	ETM	0.1456***	0.0445

Zona Geográfica -Oceanía

		Coeficiente	
		Panel	Grupo
SOLS	FBC	-0.0337	0.6332
	GPE	-0.3379	-0.1921
	GID	1.5015***	1.8125*
	ETM	0.4662**	0.6488
FMOLS	FBC	-0.4561	2.2199
	GPE	-0.7192	0.9179
	GID	1.7618***	0.9673
	ETM	1.1461***	0.3451
CCE	FBC	0.3361***	0.3389
	GPE	-0.0129	-0.0361
	GID	0.0575	-0.0023
	ETM	0.0262	0.0609

Zona Geográfica – Norteamérica

		Coeficiente	
		Panel	Grupo
SOLS	FBC	1.2547***	0.9706
	GPE	0.0941	-0.1790
	GID	0.7043**	0.3684
	ETM	-0.0731	0.0494
FMOLS	FBC	1.4754***	
	GPE	1.0020***	
	GID	1.7032***	
	ETM	-0.3550**	
CCE	FBC	-0.1491	
	GPE	0.1843**	
	GID	-0.0606	
	ETM	-0.0099	

Zona Geográfica – Latinoamérica

		Coeficiente	
		Panel	Grupo
SOLS	FBC	0.7651***	0.7897**
	GPE	0.5865***	0.4847*
	GID	-0.2214**	-0.1694
	ETM	-0.0065	0.1268
FMOLS	FBC	0.7423***	
	GPE	0.7024***	
	GID	-0.2590**	
	ETM	0.0210	
CCE	FBC	0.5697***	
	GPE	0.0748	
	GID	-0.1434***	
	ETM	0.0971***	

ANEXO H. Países - Top Five

	Nombre	Código
Menor GPE	Grecia	GRC
	Turquía	TUR
	España	ESP
	Colombia	COL
	Chile	CHL
Mayor GPE	Dinamarca	DNK
	Suecia	SWE
	Noruega	NOR
	Islandia	ISL
	Canadá	CAN
Menor GID	Colombia	COL
	Chile	CHL
	México	MEX
	Grecia	GRC
	Turquía	TUR
Mayor GID	Israel	ISR
	Suecia	SWE
	Finlandia	FIN
	Japón	JPN
	Estados Unidos	USA

ANEXO I. Pruebas de raíz unitaria en el nivel - Top Five

Top Five – Menor GPE

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	10.5347	6.6658	0.0648
	PP	27.9690***	8.9584	0.0099
FBC	ADF	10.0461	10.7245	3.6103
	PP	8.8499	13.2811	4.1197
GPE	ADF	7.5000	10.5397	6.3151
	PP	6.6570	10.8281	6.4702
GID	ADF	9.9150	15.3393	19.9960**
	PP	6.3516	15.1192	23.3716***

Top Five – Mayor GPE

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	35.7236***	14.1910	0.0565
	PP	41.7657***	10.6536	0.0010
FBC	ADF	21.8272**	20.2885**	5.1151
	PP	14.1401	10.0272	5.7630
GPE	ADF	8.3110	8.1466	2.8181
	PP	7.9443	7.7157	3.9130
GID	ADF	8.9541	19.2769**	2.9097
	PP	7.7161	3.2441	2.9606

Top Five – Menor GID

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	21.1119**	5.9992	0.0498
	PP	26.7230***	5.9106	0.0099
FBC	ADF	10.3038	12.3318	3.0977
	PP	10.5090	16.1362*	2.6223
GPE	ADF	9.1484	10.6294	5.9078
	PP	8.2787	11.2698	6.3491
GID	ADF	6.2978	17.2579*	24.7985***
	PP	7.0835	16.6960*	46.4073***

Top Five – Mayor GID

Nivel				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	72.6979***	17.2592*	0.2036
	PP	73.7060***	15.6373	0.0002
FBC	ADF	23.7027***	30.2130***	7.8887
	PP	12.3085	15.3413	6.5757
GPE	ADF	8.7537	9.9403	6.7047
	PP	9.1826	9.4487	8.3234
GID	ADF	29.1627***	25.7380***	2.1187
	PP	13.9174	4.7087	1.8158

ANEXO J. Pruebas de raíz unitaria en la 1° diferencia - Top Five

Top Five – Menor GPE

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	96.1228***	84.9747***	52.5279***
	PP	96.5066***	86.0616***	61.4433***
FBC	ADF	134.6500***	115.9750***	250.8620***
	PP	134.8010***	116.1050***	228.6370***
GPE	ADF	86.9286***	68.4364***	99.7762***
	PP	88.9972***	202.8300***	104.2710***
GID	ADF	63.0171***	49.8640***	64.5671***
	PP	64.7050***	56.6530***	74.7859***

Top Five – Mayor GPE

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	80.2228***	78.8292***	50.8110***
	PP	79.2184***	78.6479***	45.3211***
FBC	ADF	114.3870***	92.3145***	166.7210***
	PP	112.2870***	89.2496***	164.2600***
GPE	ADF	107.0600***	88.7111***	160.1580***
	PP	118.0320***	112.4740***	177.4140***
GID	ADF	35.1996***	34.6828***	65.4043***
	PP	45.4237***	46.3304***	71.4217***

Top Five – Menor GID

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	106.4430***	100.0050***	55.5706***
	PP	106.7280***	100.6520***	64.5562***
FBC	ADF	157.6060***	137.3650***	292.2520***
	PP	171.4620***	154.7060***	299.6930***
GPE	ADF	85.5934***	69.3471***	94.4272***
	PP	87.3584***	200.6600***	99.9441***
GID	ADF	68.5346***	52.9686***	69.1602***
	PP	70.6604***	63.7152***	79.4854***

Top Five – Mayor GID

Primera diferencia				
Estadístico				
	Prueba	Intercepto	Intercepto y tendencia	Sin intercepto ni tendencia
PIB	ADF	86.3799***	90.9552***	47.5122***
	PP	85.4170***	86.7880***	51.5310***
FBC	ADF	102.3260***	83.2030***	150.5560***
	PP	95.2983***	76.0024***	133.4180***
GPE	ADF	93.9763***	79.7089***	135.9970***
	PP	98.9743***	94.0987***	150.4360***
GID	ADF	34.7895***	35.6392***	56.7401***
	PP	39.5092***	36.3556***	61.3356***