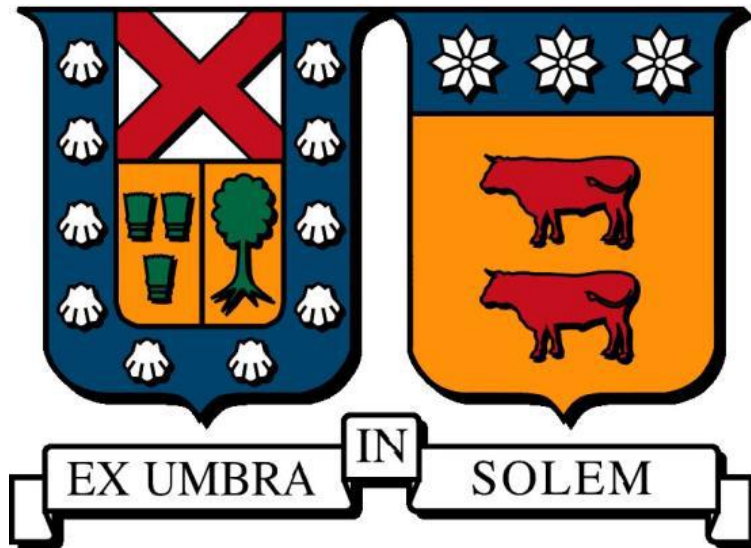


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAÍSO – CHILE**



**TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO
ECONÓMICO.**

RUTH MUÑOZ ISLA.

**TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL.**

PROFESOR GUÍA: WERNER KRISTJANPOLLER R.

VALPARAÍSO CHILE, 21 DE MARZO, 2017.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo marca el término de una muy grata experiencia que tuvo distintas emociones y vicisitudes en el transcurso de ella, sin embargo, he logrado llegar al término de una fase importante de mi vida, y al inicio de la que espero en Dios poder ejercer con el profesionalismo, prestigio y la disciplina que me han enseñado.

Gracias a Dios, a mis padres, mi hermana, a mi compañero de vida y a mi razón de vida...mi amado hijo...a quien especialmente dedico este trabajo.

Muy especialmente quiero agradecer a mi profesor guía, Werner Kristjanpoller, quien creyó, perseveró junto a mí y me entregó las directrices necesarias para alcanzar esta meta; a mi profesor correferente Rodolfo Salazar, que me dio las orientaciones precisas para hacer de éste, un trabajo más comprensible y consistente; a los que creyeron en mí y a todos los que de alguna forma hicieron posible este gran logro...

¡Muchas gracias!

RESÚMEN.

Este estudio examina la relación de las importaciones de alta tecnología, los derechos de propiedad intelectual, la infraestructura, el stock de capital bruto y la inversión extranjera directa sobre la innovación y el crecimiento económico de países latinoamericanos. El análisis empírico se realiza mediante un conjunto de datos de panel correspondiente a 20 países. El período de estudio está comprendido entre los años 1986 y 2012, lo que equivale a 26 años. El criterio de selección de los países fue principalmente considerando la disponibilidad de la información, con la intención de contar con una muestra heterogénea. Para llevar a cabo el análisis se utilizaron, el test de cointegración de Pedroni con el objeto de evaluar la existencia de un vector de cointegración entre las variables, posteriormente mediante DOLS se estimó este vector. Por último, se analizó la relación de causalidad entre las variables con la innovación y el crecimiento económico, determinando que la relación de la infraestructura y la inversión extranjera directa son causal directa de la innovación en el corto plazo. No se aprecia para estas mismas variables causalidad en el largo plazo sobre la innovación, sin embargo, si existe una influencia positiva de estas sobre la dependiente. Por otro lado, el stock de capital bruto per cápita, como el índice de protección de derechos de propiedad intelectual, son causal directa en el corto plazo del crecimiento económico. Sin embargo, en el largo plazo todas las variables muestran incidencia sobre el crecimiento económico.

Posteriormente, se concluye en base a los resultados obtenidos y en comparación con estudios anteriores, lo siguiente:

- La infraestructura se muestra relevante en el corto plazo sobre la innovación, no habiendo un comportamiento significativo de ella en el largo plazo y de las otras

variables consideradas. La inversión extranjera directa, no tiene un impacto mayor, cuando se le considera como variable del modelo.

- En términos generales, no se aprecian variables que causen un impacto negativo en la innovación en el corto o largo plazo.
- La infraestructura y el PIB, ocupan el primer lugar en impacto positivo sobre la innovación, cuando ésta última es la variable dependiente en los modelos analizados.
- Se corrobora que el stock de capital físico y el crecimiento per cápita de importaciones de alta tecnología, son muy relevantes en la explicación del real crecimiento económico per cápita, tanto en el corto como en el largo plazo, donde también son significativas todas las demás variables consideradas.
- En el real crecimiento económico, el índice de protección de derechos de propiedad intelectual junto con la importación de alta tecnología, inciden positivamente además de ser significantes sobre él. Este efecto positivo señala que estas variables son un factor cuyo valor influye de forma proporcional en el desarrollo económico de los países latinoamericanos considerados.

Finalmente, se señalan las políticas recomendadas para los países analizados en base a los resultados obtenidos y se realizan sugerencias para la realización de futuros trabajos que de igual forma se enfoquen en países latinoamericanos, con el fin que consideren entre otros, un análisis más acotado, la inclusión de nuevas variables y/o la obtención nuevas fuentes de datos.

1 INTRODUCCIÓN.

No se pueden ignorar los beneficios del comercio internacional para el crecimiento económico, el desarrollo y la innovación de un país. Por ejemplo, las importaciones de alta tecnología traen competencia y variedad a los mercados nacionales beneficiando a los consumidores, a su vez las exportaciones permiten ampliar los mercados para la producción nacional. El comercio, las importaciones y exportaciones exponen a las empresas nacionales a las mejores prácticas de las empresas extranjeras y a las demandas de clientes más exigentes, fomentando una mayor eficiencia en la producción; las importaciones de alta tecnología dan acceso a las empresas nacionales a mejores entradas de capital, tales como maquinarias y herramientas, que les permiten mejorar la productividad y obtener nuevas oportunidades de crecimiento. Hasta hace unos años atrás, el modelo neoclásico de crecimiento fue el principal marco teórico utilizado para explicar el crecimiento económico. Sin embargo, este marco no ofrece un vínculo formal entre las políticas de comercio y el crecimiento a largo plazo.

Posteriormente, el desarrollo de los modelos endógenos de crecimiento económico sugieren diferentes canales por los que el comercio podría afectar el crecimiento económico, por ejemplo, las importaciones pueden incorporar innovaciones que no están disponibles en la economía local, y los investigadores locales pueden adquirir conocimiento de estas innovaciones, entonces, el acceso a las innovaciones extranjeras puede promover la difusión tecnológica y el crecimiento económico.

Investigaciones anteriores han demostrado un vínculo positivo entre el comercio de bienes físicos y difusión tecnológica. Algunos de estos estudios se han centrado en las

importaciones generales como canal para la difusión tecnológica, sin embargo, la mayoría de estos estudios se han centrado en países desarrollados.

De acuerdo al Banco Mundial son importantes, la apertura a comercios extranjeros, el fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual y la inversión extranjera directa, como canales importantes para la adquisición de conocimientos importados, especialmente en los países en vías de desarrollo. La investigación de estos planteamientos requiere trabajo empírico, considerando que las recomendaciones en cuanto a políticas surgidas de este tipo de análisis, pueden tener efectos muy diferentes en países en vías de desarrollo, con los obtenidos en países desarrollados.

La inversión extranjera directa se ha identificado en la literatura como un canal importante para la difusión tecnológica. Además, el número de patentes de residentes podría ser un factor adicional en la relación entre el comercio y el crecimiento.

Este trabajo, se centrará principalmente en lo siguiente: (1) Verificar si las importaciones de alta tecnología, la inversión extranjera directa, el gasto en I&D, el crecimiento económico y la infraestructura, promueven la innovación, (2) Determinar la relevancia de cada una de estas variables en estos procesos, (3) Comprobar si la inversión extranjera directa, el número de patentes obtenidas por residentes, el stock de capital bruto, el índice de protección de derechos de propiedad intelectual y las importaciones de alta tecnología, favorecen el crecimiento económico en los países latinoamericanos considerados, (4) Identificar que tan influyentes son cada una de estas variables en el real crecimiento económico de estos países.

Este estudio busca complementar además la literatura existente mediante la inclusión de una muestra representativa de países latinoamericanos en distintos niveles de desarrollo

y considerando principalmente la influencia de las importaciones de alta tecnología y la inversión extranjera directa.

El análisis se realizará utilizando un conjunto de datos de panel de 20 países latinoamericanos, en un período de estudio comprendido entre los años 1986 y 2012, donde se considerará el número de patentes de residentes como sustituto de la innovación. Se utilizarán datos agregados a nivel de país, con el beneficio de centrarse en la dinámica de la innovación y el crecimiento económico en los países.

Se desea centrar el análisis en países latinoamericanos seleccionados, que tengan diferentes niveles de desarrollo, la idea es tener una muestra heterogénea que permita obtener conclusiones generales para el grupo. Debido a que la mayor cantidad de estudios realizados se centran en países desarrollados o en vías de desarrollo de otros continentes, con características similares dentro de su grado de desarrollo, por lo que las conclusiones pueden ser aplicables sólo para ellos.

La organización de este trabajo será la siguiente. Inicialmente se revisará brevemente la literatura empírica sobre el tema, se describirán los datos, luego se verá la metodología implementada en el papel y por último se presentarán los resultados empíricos para luego efectuar las conclusiones.

ÍNDICE.

1	INTRODUCCIÓN.	5
	ÍNDICE.	8
2	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	12
3	OBJETIVOS.	14
3.1	General.	14
3.2	Específicos.	14
4	MARCO TEÓRICO.	15
4.1	Estado del Arte.	15
4.1.1	Econometría.	28
4.1.2	Metodología Econométrica.	30
4.1.3	Modelo Econométrico.	30
4.1.4	Linealidad.	31
4.1.5	Independencia de los Errores.	32
4.1.6	Homocedasticidad en los Residuos.	32
4.1.7	Normalidad de los Residuos.	33
4.1.8	No Colinealidad entre Variables Independientes.	33
5	DATOS.	35
5.1	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.	40
6	METODOLOGÍA.	44

6.1	Regresión de Innovación.	45
6.2	Regresión del PIB.	47
6.3	Test de Panel de Raíz Unitaria.....	47
6.3.1	IPS Test.	48
6.3.2	Hadri Test.	49
6.4	Test de Panel de Cointegración.	51
6.4.1	Test de Panel de Cointegración según Pedroni.	51
6.4.2	Fisher-Johansen Test.	53
6.4.3	Kao Test.....	54
6.4.4	Modelos Planteados.....	55
6.5	Estimación de Vectores de Cointegración.	56
6.5.1	Fully Modified OLS (FMOLS).	56
6.5.2	Dynamic OLS (DOLS).....	56
6.5.3	Common Correlated Effects (CCE).....	57
6.6	Pruebas de Causalidad a Corto y Largo Plazo.	58
7	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	60
7.1	Análisis de Raíz Unitaria.	60
7.2	Análisis de Cointegración.....	64
7.2.1	Test de Panel de Cointegración según Pedroni.	64
7.2.2	Test de Kao.....	66

7.3	Análisis de Causalidad.....	71
7.3.1	Análisis de Corto Plazo.	74
7.3.2	Análisis de Largo Plazo.	78
7.4	Test de Wald.	78
8	CONCLUSIONES.	82
9	BIBLIOGRAFÍA.....	88

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Variables.	39
Tabla 2: Estadísticas Descriptivas.	40
Tabla 3: Estadísticas Descriptivas Primeras Diferencias.	42
Tabla 4: Características Pruebas Raíz Unitaria.	50
Tabla 5: Resultados de Test Raíz Unitaria.	60
Tabla 6: Test de Hadri.	62
Tabla 7: IPS y Hadri para primeras diferencias.	62
Tabla 8: Test de Panel de Cointegración según Pedroni sin tendencia.	64
Tabla 9: Test de Panel de Cointegración según Pedroni con Tendencia Temporal.	65
Tabla 10: Test de Cointegración de Panel de KAO.	67
Tabla 11: Estimación de Coeficientes con FMOLS	68
Tabla 12: Estimación de Coeficientes de Cointegración con DOLS.	70
Tabla 13: Causalidad según Granger.	74
Tabla 14: Test de Wald.	79

2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

El desarrollo de los países siempre ha sido un punto de investigación para los economistas. El interés en ello, es lograr encontrar conductas similares entre naciones que han alcanzado mayor desarrollo, con el fin de encontrar caminos o guías que puedan ser replicadas por aquellos países que aún no alcanzan ese nivel.

En la actualidad existen organizaciones a nivel mundial que entregan las herramientas para realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de cuáles son las razones que le han permitido a algunas naciones lograr el desarrollo deseado, destacándose entre ellas el Banco Mundial, el cual dispone de una gran base de datos con indicadores que permiten generar estándares para comparar los países. Así también la OECD, organización creada para generar el intercambio de información y armonizar políticas que tengan como objetivo maximizar el crecimiento económico y fomentar el desarrollo de los países miembros y no miembros.

Se puede señalar entonces, que el crecimiento económico cumple un rol muy importante en el desarrollo de un país. Se sabe que los países que han alcanzado el desarrollo, en algún momento han experimentado un crecimiento económico explosivo y lo han logrado mantener estable en el tiempo. Generalmente, el crecimiento económico se asocia con altos niveles de industrialización que permiten a las naciones aumentar su producción y ser más eficientes, como ha sido el caso de los países asiáticos en la segunda mitad del siglo pasado, invirtieron en su cadena de producción, desarrollaron nuevas tecnologías y conocimientos que les permitieron ser más eficientes y abrieron sus puertas al mundo para entregar sus productos (Wang, 2015) (Kniivilä, 2007). El resultado de esto fue

un impresionante crecimiento económico que ahora los tiene ubicados dentro de los países más desarrollados del mundo.

En el caso de Chile, se han realizado estudios previos (Blümel, 2010) analizando la relación del precio de la energía y la innovación tecnológica con el crecimiento económico del país. Se incorpora en ello el efecto de la innovación tecnológica por medio de series de patentes de invención registradas en los últimos años. Esta metodología les permite evaluar el impacto de la implementación de determinadas políticas energéticas en el proceso de industrialización y desarrollo económico, algo que es de sumo interés en países con niveles de ingreso bajo y medio. Además, también permite observar los efectos que la innovación y el cambio tecnológico tienen en la tasa de crecimiento de la economía.

Se han realizado estudios referentes al efecto de la investigación y desarrollo (I&D), junto con la tecnología en el crecimiento económico de países como China y Turquía, donde se ha concluido que existe una importante relación entre la inversión en I&D y el número de empleados en las áreas o departamentos de I&D con el PIB, sin embargo, se ha evidenciado una importante pero negativa relación entre éste y el número de patentes. Destacando en ellos que las economías en desarrollo como la de Turquía, con el fin de lograr un alto crecimiento económico, deberían aumentar sus actividades de I&D. La experiencia ha demostrado que los países líderes en innovación y en actividades de I&D tienen un mayor crecimiento económico que otras naciones cuyas economías no son líderes.

Con este trabajo se busca, determinar si la tecnología e innovación en Latinoamérica ha sido un factor determinante durante los años analizados en el crecimiento de la economía, esperando con ello expandir la literatura histórica existente referente a la dependencia entre estas variables y el crecimiento económico de estos países.

3 OBJETIVOS.

3.1 General.

Investigar la relación de causalidad existente entre la tecnología, la ciencia y la innovación con el crecimiento económico de países latinoamericanos, mediante el uso de paneles de datos disponibles para el periodo entre los años 1986 y 2012, buscando ampliar el conocimiento existente respecto del crecimiento económico nacional y las variables que influyen directa o indirectamente en él.

3.2 Específicos.

- Revisar la documentación existente para generar una base de conocimiento sólida, que permita conocer los estudios en el mismo ámbito o similares realizados a la fecha, los enfoques que se le han dado a los temas y los métodos utilizados para desarrollar estos estudios.
- Evaluar los métodos existentes para estudiar las propiedades integracionales de las series y seleccionar los que mejor se ajusten para analizar este panel.
- Desarrollar modelos que relacionen las variables involucradas y con ello analizar si está presente la propiedad de cointegración en cada uno de ellos.
- Determinar la relación de causalidad existente entre el crecimiento económico y las ciencias-tecnología e innovación para el periodo en estudio.
- Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en esta investigación, con los estudios existentes previamente en la literatura.

4 MARCO TEÓRICO.

4.1 Estado del Arte.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y Eurostat definen innovación como la implementación de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), o proceso, un nuevo método de comercialización o un nuevo método organizativo en prácticas comerciales, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. El requisito mínimo para una innovación es que el producto, proceso, método de comercialización o método de organización deben ser nuevos (o significativamente mejorados) para la firma. Esto incluye productos, procesos y métodos que las empresas son las primeras en desarrollar y los han sido adoptados de otras empresas u organizaciones. La tercera edición del manual de Oslo distingue innovación en cuatro áreas: producto, proceso, comercialización y organizacional, estas definiciones de innovación son:

Una innovación de productos es la introducción de un bien o servicio que es nuevo o significativamente mejorado con respecto a sus características o usos previstos. Esto incluye mejoras significativas en especificaciones técnicas, componentes y materiales, software incorporado, facilidad de uso u otras características funcionales (Morales, 2007).

Una innovación de proceso, es la implementación de una producción o suministro nuevo o un método significativamente mejorado. Esto incluye cambios significativos en técnicas, equipo y / o software.

Una innovación de marketing es la implementación de un nuevo método de comercialización que implica cambios significativos en el diseño, en el embalaje, la colocación, la promoción o en el precio del producto.

Una innovación organizacional, es la implementación de un nuevo método organizativo en las prácticas de negocios de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores.

El desarrollo tecnológico, la tecnología como tal, la innovación y la ciencia han sido el foco de estudios recientes, la importancia de los ingresos derivados del uso de tecnología y el análisis de sus efectos en el crecimiento económico ha despertado el interés de un gran número de economistas.

La relación entre los factores antes mencionados y el crecimiento económico han sido estudiados y registrados a partir de los años 90, sin embargo, se referenciarán aquellos que datan de bibliografía o estudios más recientes.

Matilde Mas Ivars y Javier Quesada Ibáñez (Mas, M., & Quesada, J. Fundación BBVA., 2005), dirigen la creación del libro “Las nuevas tecnologías y el crecimiento económico en España”, el cual fue publicado por la fundación BBVA, donde se señala que las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) tienen el potencial suficiente para transformar la sociedad, sin embargo, sus frutos aún no están maduros, al menos hasta el 2005 en la economía española, en ese año se percibía solo una naciente influencia, previendo que su verdadera capacidad se manifestará gradualmente con el desarrollo particularmente de aquellos nuevos campos como la biotecnología o las nanotecnologías, las altas energías o las propias telecomunicaciones.

De acuerdo a lo analizado por los autores del libro, la concentración creciente de la producción mundial de las TIC reduce su impacto directo a un pequeño grupo de países productores, pero su influencia se traslada a las industrias usuarias de las mismas, que si se encuentran extendidas por todo el mundo (impacto indirecto), esta revolución tecnológica se distingue de las anteriores, por ser mucho más lenta y concentrada geográficamente.

Hasta el 2005, solo para Estados Unidos para mediados de los noventa ya existía evidencia concluyente, de los efectos positivos de las TIC sobre el avance de la productividad. Otros países productores también han experimentado notables crecimientos de su productividad, mientras que en el resto de países, fundamentalmente usuarios, el impacto de las TIC aparece en forma mucho menos nítida.

Hasta el 2005, siendo España un país usuario, los efectos beneficiosos de la introducción de las TIC sobre el crecimiento y la productividad todavía no eran observables. Un aspecto que explica este comportamiento es que España no es un país productor de bienes TIC, a diferencia de países como EE.UU, Irlanda, Hungría, Finlandia, Singapur o Corea, que son productores internacionales de TIC, en el caso de España la influencia de las TIC es indirecta.

Sefer Sener y Ercan Sarıdogan, de la Universidad de Turquía (Şener, 2011), en su paper “Los efectos de la Ciencia-Tecnología-Innovación sobre la competitividad y el crecimiento económico”, se señala entre otros, que la innovación tiene efectos muy importantes sobre la competitividad y el crecimiento económico y que uno de sus indicadores más importantes es el aumento de las patentes, lo cual ocurren especialmente en Japón, Corea, China, India y Turquía. En una economía basada en el conocimiento, la competencia principal es innovar, no la reducción de los precios.

En base a las referencias señaladas en el paper, la teoría de la innovación sistemática desarrollada por Joseph Schumpeter (Schumpeter, 1934) ha influido mucho en las teorías de innovación. Sostuvo que el desarrollo económico es impulsado por la innovación a través de un proceso dinámico en el que nuevas tecnologías sustituyen a las antiguas, un proceso que calificó de "destrucción creativa". En vista de Schumpeter, innovaciones "radicales" crean grandes cambios destructivos, mientras que las innovaciones

"incrementales" avanzan continuamente el proceso de cambio. Schumpeter propuso una lista de cinco tipos de innovaciones¹:

- i) La introducción de nuevos productos.
- ii) La introducción de nuevos métodos de producción.
- iii) Apertura de nuevos mercados.
- iv) Desarrollo de nuevas fuentes de suministro de materias primas u otros insumos.
- v) La creación de nuevas estructuras de mercado en una industria.

Aunque, ciencia - tecnología - innovación son variables muy importantes para el crecimiento económico a largo plazo. En los modelos de crecimiento clásicos, se afirmó que el cambio tecnológico es exógenamente determinado y no pueden ser gestionados por las políticas económicas hasta 1970. Por otro lado, por la década de los '70, los modelos de crecimiento endógeno afirmaron que el cambio tecnológico puede ser provocado por la aplicación de las políticas impulsadas por la tecnología de manera eficiente, como aumento de los gastos de investigación y desarrollo, los investigadores en la ciencia y el desarrollo, la educación, capital humano calificado, tecnologías de la información y de la comunicación, el acceso a Internet, las políticas gubernamentales, etc.

Por lo tanto, es muy importante para los países mejorar el medio ambiente estimulando la ciencia - tecnología - la innovación.

Romer (Romer, Endogenous Technological Change, Part 2 , 2008) constituyó un modelo de equilibrio del cambio tecnológico endógeno en el que el crecimiento a largo plazo está impulsado principalmente por la acumulación de conocimientos por agentes de

¹ Schumpeter considera el concepto de productos de innovación-nueva, nuevos métodos de producción y nuevos mercados y fuentes de suministro.

Considera estos fenómenos no cronometrados a (en el sentido de ser causada por) el ciclo económico, pero una de las causas del cambio fuera del ciclo económico, lo que puede darle forma. Schumpeter utiliza la metáfora "los vientos de destrucción creativa", cuando habla de innovación, porque cree que la innovación golpea a la economía con la fuerza de un huracán. Las innovaciones son las aplicaciones económicas de inventos y descubrimientos que dan el impulso del cambio a toda la economía.

maximización de beneficios a futuro. Este enfoque en el conocimiento como la forma básica del capital, sugiere cambios naturales en la formulación de la norma global del modelo de crecimiento. El conocimiento nuevo se supone que es el producto de una tecnología de investigación que presenta rendimientos decrecientes.

Lucas (Lucas, 1997) señaló que lo que significa el capital humano es el nivel de habilidad del trabajador y que la teoría del capital humano se centra en el hecho de que la forma en que un individuo asigna su tiempo a través de varias actividades en el período actual afecta a su productividad en los períodos futuros. La introducción del capital humano en el modelo requiere tanto de los niveles de capital humano, como afecta la producción actual y la forma en que la asignación de tiempo actual afecta la acumulación de capital humano. La investigación y los gastos de desarrollo, la educación y el capital humano cualificado tienen el papel más importante en la producción de innovación.

Según el Foro Económico Mundial (WEF), los países impulsados por el Global Competitiveness Report (GCR) tienen una mayor competitividad de innovación y un crecimiento económico sostenible, que otros países. El índice de competitividad Global del Foro Económico Mundial (GCI) define la competitividad como el conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país. Veinte pilares de la competitividad de los países, son;

Instituciones, infraestructura, entorno macroeconómico, salud y educación primaria, educación superior y la formación, la eficiencia del mercado de bienes, la eficiencia del mercado de trabajo, el desarrollo del mercado financiero, la preparación tecnológica, tamaño del mercado, la sofisticación de empresas, innovación.

La eficiencia de cada pilar depende de la eficiencia de los demás, que tienden a reforzarse mutuamente, y una debilidad en un área a menudo tiene un impacto negativo en

otras áreas. El “Índice de Competitividad Global del Foro Económico Mundial”, clasifica los niveles de competitividad de los países, considerando la teoría económica de los estados de desarrollo.

En la primera etapa, la economía está impulsada por factores y países que compiten en base a su factor de dotaciones: la mano de obra no calificada en primer lugar y los recursos naturales. Las compañías compiten sobre la base de precio y venta de productos básicos o commodities, su baja productividad se refleja en los bajos salarios.

El mantenimiento de la competitividad en esta etapa del desarrollo público depende principalmente del buen funcionamiento y las instituciones privadas (pilar 1), una infraestructura bien desarrollada (pilar 2), un medio ambiente estable macroeconómicamente (columna 3), y una fuerza de trabajo sana que ha recibido al menos una educación básica (pilar 4).

A medida que un país se vuelve más competitivo, la productividad aumenta y los salarios aumentarán con la promoción del desarrollo. Los países luego pasan a la etapa de la eficiencia impulsada por el desarrollo, cuando deben comenzar a desarrollar procesos de producción más eficientes y aumentar la calidad del producto, porque los salarios han aumentado y no pueden aumentar los precios. En este punto, la competitividad es conducida por la educación superior y el entrenamiento (pilar 5), los mercados de bienes eficientes (pilar 6), los mercados de trabajo de buen funcionamiento (pilar 7), los mercados financieros desarrollados (pilar 8), la capacidad de aprovechar los beneficios de las tecnologías existentes (pilar 9), y un gran mercado nacional o extranjero (pilar 10).

Por último, ya que los países se mueven en la etapa impulsada por la innovación, los salarios aumentan en tanto que son capaces de mantener esos salarios más altos y el estándar de vida asociado, sólo si sus negocios son capaces de competir con productos

nuevos y únicos. En esta etapa, las empresas deben competir por la producción de productos nuevos y diferentes utilizando los procesos más sofisticados de producción (pilar 11) y a través de innovación (pilar 12).

Como resultado, los avances en la ciencia - tecnología - innovación, son el motor de accionamiento principal de la competitividad mundial, el crecimiento económico y el desarrollo.

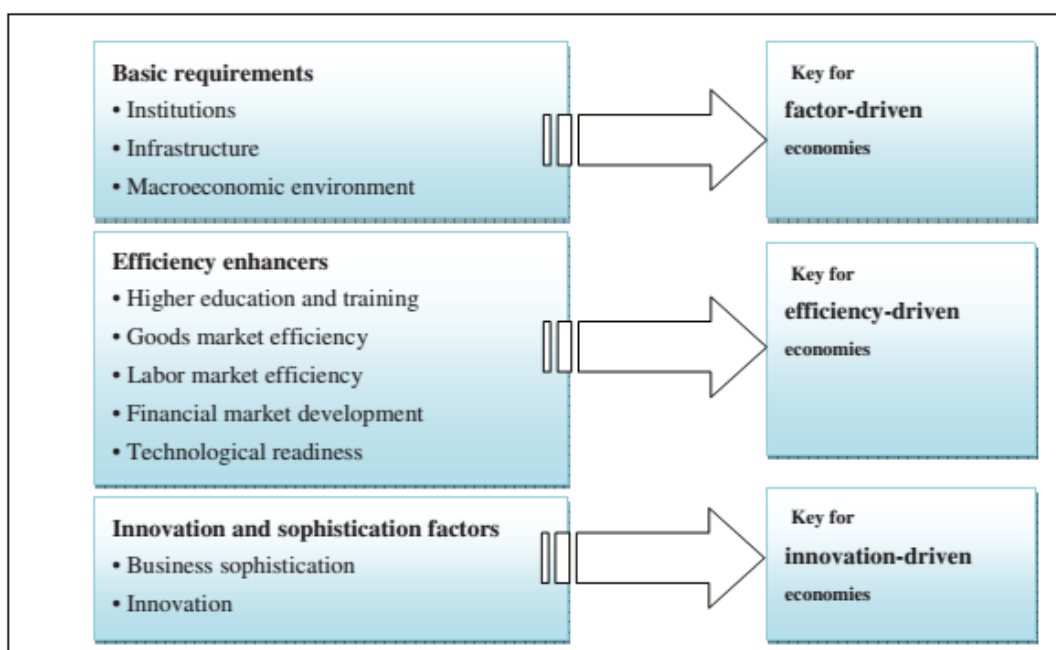


Imagen 1: Los 12 Pilares de Competitividad.²

Por lo tanto, los países pueden dirigir la competitividad global, el crecimiento económico y el desarrollo en el largo plazo mediante la aplicación de políticas económicas adecuadas estimulantes de desarrollos en ciencia - tecnología - innovación.

En el paper “Ciencia y tecnología de entrada y crecimiento económico: Un análisis empírico basado en las tres grandes regiones costeras económicas de China”, realizado por Wang Licheng en el año 2010, se señala que el primer estudio sobre la relación entre el

² Foro Económico Mundial, FEM el Informe de Competitividad Global GCR, 2010-2011. WEF Pub. 2010.

crecimiento económico y la entrada de la tecnología se originó en la economía del crecimiento de la Escuela Neo-clásica, que consideró el progreso técnico como un factor importante para el crecimiento económico (Licheng, 2011). Los principales economistas representados por Solow en 1957, proponen un método residual bajo la hipótesis del progreso técnico neuronal, es decir, el famoso Solow residual por el cual la tasa de contribución del progreso técnico en el crecimiento económico se puede calcular (Solow, 1957).

Gary y Murply en el año 1992 creían que existía una relación estrecha entre el aporte técnico y el crecimiento económico después de que compararon la proporción de los fondos de inversión nacionales S & T sobre el PIB entre los países miembros de la OCDE.

Guellec (Guellec & de la Potterie, 2001) compararon la implicancia a largo plazo de las diferentes entradas de I&D sobre el crecimiento económico.

En este artículo, el PIB real se utiliza como variable explicativa. Teniendo en cuenta el significado indistinto en la economía debido a la inconsistencia entre el indicador personal de S&T en las variables explicativas. Por variable explicativa, se utiliza el indicador de la tasa de crecimiento en lugar de los datos reales, se plantea el modelo y se realiza el análisis de regresión OLS (Mínimos cuadrados ordinarios MCO).

De acuerdo a los resultados analíticos del modelo econométrico obtenido por los autores, el personal científico y técnico, es el factor que tiene la relación más estrecha con la tasa de crecimiento económico de las tres principales zonas económicas costeras de China. El segundo, son los gastos para actividades científicas y tecnológicas. El tercero, son los gastos de investigación y desarrollo.

La investigación y desarrollo como fuente de crecimiento económico (Bayarçelik, 2012), se indica que la relación entre innovación y crecimiento económico es clarificada

mediante la examinación de actividades de Investigación y Desarrollo (I&D) como el número de investigadores de I&D, gastos en I&D, patentes y producto interno bruto (GDP). En particular, se examina la importancia de las actividades de innovación en firmas de producción que se cotizan en la Bolsa de Valores de Estambul (ISE). El objetivo es investigar la base del vínculo entre innovación y crecimiento económico.

Se utilizan los gastos en I&D, los investigadores que trabajan en los departamentos de I&D y las patentes como los instrumentos de medición para la innovación y el crecimiento del PIB.

En este estudio se estima el modelo utilizando datos de panel para 22 empresas. El análisis de datos de panel permite la inferencia de los datos para N secciones transversales (por ejemplo, países, hogares, empresas, individuos, etc.) y el tiempo en T períodos. Los datos de panel se componen de una serie de tiempo para cada miembro de la sección transversal en el conjunto de datos y ofrece una variedad de métodos de estimación.

El modelo es entonces (Asteriou, (2007)):

$$\text{Log}(GDP_t) = \alpha + \beta_1 * \log(\text{Employee}_t) + \beta_2 * \log(\text{Patent}_t) + \beta_3 * \log(RD_t) + \varepsilon$$

Las Variables:

- GDP_t : es el producto interno bruto (PIB) en Turquía.
- RD_t : es el gasto en I&D en Turquía.
- Employee_t : es el número de empleados en los departamentos de I&D en Turquía.
- Patent_t : es el número de patentes en Turquía.

El método utilizado en este trabajo es un caso especial de la técnica de variables instrumentales llamada “Dos etapas de mínimos cuadrados” (2TSLS). Es un método de

creación sistemática de variables instrumentales para reemplazar las variables endógenas donde aparecen como variables explicativas en sistemas de ecuaciones simultáneas. En 2TSLS, las variables instrumentales son utilizadas. Y una buena variable instrumental es aquella que está altamente correlacionada con el regresor y actúa como un instrumento. Una variable instrumental reemplaza una variable endógena; es un buen sustituto y es independiente del término de error. Puesto que no hay causalidad conjunta entre la variable instrumental y cualquier endógena, el uso de variables instrumentales evita la violación de la presunción de que todas las variables explicativas no están correlacionados con el término de error (Studenmund, 2001). El método 2TSLS consta de dos etapas:

Etapla 1: Cada variable endógena actúa como regresor en la ecuación, estima en todas las variables exógenas del sistema de ecuaciones simultáneas, y calcula los valores estimados de estas variables endógenas.

Etapla 2: El uso de estos valores estimados como variables instrumentales para estas variables endógenas o, simplemente, el uso de estos valores estimados y las variables exógenas incluidas como regresores en una regresión MCO (Studenmund, 2001).

Patricia Higino Scheneider (Schneider, 2005) del Departamento de Economía, Mount Holyoke College, South Hadley, EE.UU., postula como hipótesis la posible relación existente entre el comercio internacional, específicamente el comercio de alta tecnología, los derechos de propiedad intelectual y el crecimiento económico, para ello utiliza una muestra representativa de países desarrollados y en desarrollo.

En el paper titulado “El comercio internacional, el crecimiento económico y los derechos de propiedad intelectual: Un estudio de datos de panel de países desarrollados y en desarrollo”, del año 2002 y aceptado en septiembre del 2004, se examina el papel del

comercio de alta tecnología, de los derechos de propiedad intelectual y la inversión extranjera directa en la determinación de la tasa de innovación y el crecimiento económico de un país. El análisis empírico se realiza mediante un panel único de datos de 47 países desarrollados y en vías de desarrollo entre 1970 y 1990. Los resultados sugieren que las importaciones de alta tecnología son relevantes en la explicación de la innovación nacional, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo; la tecnología extranjera tiene un mayor impacto en el crecimiento del PIB per cápita que la tecnología nacional; los derechos de propiedad intelectual afectan a la tasa de innovación, pero este impacto es más importante para países desarrollados; los resultados con respecto a la inversión extranjera directa (IED) no son concluyentes.

Este artículo examina la hipótesis de que el comercio aumenta la innovación y el crecimiento económico, facilitando el acceso a la tecnología extranjera, también investiga la importancia de los derechos de propiedad intelectual y las entradas de IED en estos procesos. Complementa la literatura anterior centrándose en el comercio de alta tecnología y considerando una muestra más representativa de países desarrollados y en desarrollo.

Los resultados de la muestra agrupada sugieren que el tamaño del mercado, las importaciones de alta tecnología de los países desarrollados, el stock de capital humano, el nivel de gastos en I&D, la infraestructura y el nivel de protección de los derechos de propiedad intelectual (DPI) son factores importantes para explicar la tasa de innovación. Además, las acciones de capital físico de un país son muy relevantes en explicar el crecimiento del PIB per cápita. La tecnología extranjera (medida como el crecimiento per cápita de las importaciones de alta tecnología) tiene un mayor impacto en el crecimiento del PIB per cápita que la tecnología nacional.

Sin embargo, cuando se divide la muestra entre los países desarrollados y en desarrollo, los resultados sugieren que la dinámica de la innovación y el crecimiento difieren entre estos dos grupos de países. El tamaño del mercado y la infraestructura son los factores dominantes explicando la innovación en los países en desarrollo; mientras que las importaciones de alta tecnología, el capital humano y el gasto en I&D parecen tener un mayor impacto en países desarrollados.

Los resultados en materia de protección de la propiedad intelectual son interesantes. Ellos sugieren que los derechos de propiedad intelectual (DPI) tienen un mayor impacto en la innovación nacional para los países desarrollados y podría afectar negativamente a la innovación, incluso en los países en desarrollo. Estos resultados pueden ser indicativos de que la mayor innovación en los países en desarrollo puede ser en realidad imitación o adaptación. Por lo tanto, proporcionar una mayor protección de los derechos de propiedad intelectual a las empresas extranjeras a expensas de las empresas locales. La implicación de política aquí no es desalentar la protección de la propiedad intelectual en los países en desarrollo, sino generar incentivos para su fortalecimiento. Las actividades innovadoras y los DPI son de naturaleza complementarios; por lo tanto, los países desarrollados se beneficiarían mediante el apoyo a las actividades de I&D en los países en desarrollo.

Al contrastar las especificaciones empíricas para la innovación y el crecimiento del PIB per cápita, los resultados de este trabajo sugieren que las regresiones de crecimiento tradicionales podrían ser incapaces de capturar totalmente el impacto de factores específicos como la protección de los DPI que pueda afectar el crecimiento sólo indirectamente. A un nivel más amplio, este trabajo destaca la importancia de la realización de estudios donde se incluyen tanto países desarrollados y en desarrollo, y sugiere que

juntar los países desarrollados y los en desarrollo podría dar lugar a conclusiones engañosas, y en consecuencia, a las recomendaciones de políticas inadecuadas.

Los modelos planteados en el trabajo realizado por (Schneider, 2005) son los siguientes:

$$I_{it} = \beta_0 + \beta_1 HK_{it} + \beta_2 HDC_{it} + \beta_3 R\&D_{it} + \beta_4 GDP_{it} + \beta_5 IPR_{it} + \beta_6 FDI_{it} + \beta_7 INF_{it} + u_{it}$$

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Donde I_{it} es la tasa de innovación en el país i , HK_{it} es el nivel de stock de capital humano y HDC_{it} es el nivel real de importaciones de bienes de alta tecnología desde países desarrollados. $R\&D_{it}$ es el nivel de gasto en investigación y desarrollo en el país i . GDP_{it} es el producto interno bruto real por población o per cápita, IPR_{it} es el índice de protección de patentes por país i (Ginarte & Park, 1998), el FDI_{it} es la medida de la inversión extranjera directa en el país i . Finalmente, INF_{it} es una medida de la infraestructura del país, en este caso se utiliza la producción de electricidad como medida del nivel de infraestructura del país. Todas las variables son medidas en logaritmo natural. En las regresiones de efecto fijo α_i representa un efecto individual, el cual es desconocido.

Para el PIB se plantean los siguientes modelos:

$$\gamma_{Y_{it}} = \beta_0 + \beta_1 \gamma_{K_{it}} + \beta_2 I_{it} + \beta_3 \gamma_{HDC_{it}} + \beta_4 FDI_{it} + u_{it}$$

$$\gamma_{Y_{it}} = \beta_0 + \beta_1 \gamma_{K_{it}} + \beta_2 IPR_{it} + \beta_3 \gamma_{HDC_{it}} + \beta_4 FDI_{it} + u_{it}$$

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Se usa un promedio anual de datos para cuatro subperiodos separados, 1970-1974, 1975-1979, 1980-1984 y 1984-1989. Para cada subperiodo, se consideró el producto interno bruto per cápita GDP ($\gamma_{Y_{it}}$ en diferencias de Ln) como una función del crecimiento

en el stock de capital físico per cápita ($\gamma_{K_{it}}$), la tasa de innovación (I_{it}), el crecimiento de los niveles reales per cápita de importación de bienes de alta tecnología ($\gamma_{HDC_{it}}$) y los flujos de inversión extranjera directa (FDI_{it}). También considera una especificación alternativa en la cual el nivel de protección de la propiedad intelectual (IPR_{it}) es incluida en lugar de la tasa de innovación.

Los resultados obtenidos sugieren que el tamaño del mercado, las importaciones de alta tecnología de los países desarrollados, el stock de capital humano, el nivel de gastos en I&D, la infraestructura y el nivel de protección de los derechos de propiedad intelectual, son factores importantes para explicar la tasa de innovación. Además, las acciones de capital físico de un país son muy relevantes para explicar el crecimiento del PIB per cápita.

4.1.1 Econometría.

La econometría es una amalgama de teoría económica, economía matemática, estadística económica y estadística matemática (Gujarati, 2010).

La econometría se basa en el desarrollo de métodos estadísticos destinados a estimar relaciones económicas, contrastar teorías económicas y evaluar y poner en práctica políticas gubernamentales y de negocio (Wooldridge, 2006).

La teoría económica hace afirmaciones o formula hipótesis de naturaleza sobre todo cualitativa. Por ejemplo, la teoría microeconómica establece que, si no intervienen otros factores, se espera que la reducción del precio de un bien aumente la cantidad demandada de ese bien. Así, la teoría económica postula una relación negativa o inversa entre el precio y la cantidad demandada de un bien. Pero la teoría por sí sola no proporciona medida numérica alguna de la relación entre los dos; no dice cuánto aumentará o se reducirá la

cantidad como resultado de un cambio determinado en el precio del bien. El trabajo del econometrista es proporcionar tales estimaciones numéricas. En otras palabras, la econometría da contenido empírico a gran parte de la teoría económica.

El interés principal de la economía matemática es expresar la teoría económica en una forma matemática (ecuaciones) sin preocuparse por la capacidad de medición o de verificación empírica de la teoría. La econometría, como ya apuntamos, se interesa sobre todo en la verificación empírica de la teoría económica. Como veremos, el econometrista suele emplear ecuaciones matemáticas, propuestas por el economista matemático, pero las expresa de forma que se presten para la prueba empírica. Y esta conversión de ecuaciones matemáticas en ecuaciones econométricas requiere una gran dosis de ingenio y destreza.

La estadística económica se relaciona en primer lugar con la recopilación, procesamiento y presentación de cifras económicas en forma de gráficos y tablas. Éste es el trabajo del estadístico económico, cuya actividad principal consiste en recopilar cifras sobre el producto nacional bruto (PNB), empleo, desempleo, precios, etc. Los datos así reunidos constituyen la materia prima del trabajo econométrico. Pero el estadístico económico no va más allá de la recolección de información, pues no le conciernen las cifras recopiladas para probar las teorías económicas. Sin duda, es el econometrista quien se ocupa de realizar esta labor.

Aunque la estadística matemática proporciona muchas herramientas para esta ciencia, el econometrista a menudo necesita métodos especiales por la naturaleza única de la mayoría de las cifras económicas, pues no se generan como resultado de un experimento controlado. El econometrista, como el meteorólogo, suele depender de cifras que no controla directamente.

4.1.2 Metodología Econométrica.

La metodología econométrica tradicional o clásica, que aún predomina en la investigación empírica en economía y en las ciencias sociales y del comportamiento, en términos generales se ajusta a los siguientes lineamientos:

- i. Planteamiento de la teoría o de la hipótesis.
- ii. Especificación del modelo matemático de la teoría.
- iii. Especificación del modelo econométrico o estadístico de la teoría.
- iv. Obtención de datos.
- v. Estimación de los parámetros del modelo econométrico.
- vi. Pruebas de hipótesis.
- vii. Pronóstico o predicción.
- viii. Utilización del modelo para fines de control o de políticas.

4.1.3 Modelo Econométrico.

En este trabajo se espera obtener una regresión lineal dada por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon$$

Donde Y será la variable dependiente o de respuesta, X representa a las variables independientes o explicativas, β serán los coeficientes de regresión y, por lo tanto, los parámetros a estimar y ε corresponderá a la perturbación aleatoria que recoja todos los factores que no sean controlables y observables o que afectarían en este caso al crecimiento económico, pero que no se consideran en el modelo de forma explícita. Esta perturbación aparece por varias razones. La primera razón es que no se puede esperar captar toda la influencia de una variable económica en un modelo, por muy elaborado que este sea.

Además existen muchos otros factores que contribuyen a la aparición de dicha perturbación y el más importante corresponde a los errores de medida. Es fácil hablar teóricamente sobre relaciones entre variables definidas con precisión; pero otra cosa es obtener medidas precisas de estas variables. (Greene, 2006).

Para buscar los valores para los parámetros desconocidos de todos los β de modo que la ecuación quede completamente especificada, una de las alternativas es con mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

La estimación por mínimos cuadrados ordinarios plantea utilizar como estimación de los parámetros, la combinación de $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ que minimice los errores cometidos por el modelo. Este vendrá dado por:

$$\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

Donde Y_i es el valor real de la variable dependiente e $\hat{Y}_i$ es su valor estimado. De acuerdo a esto se tendrá que el β tendrá el valor correspondiente a:

$$(\hat{\beta}^{MCO}) = \beta \rightarrow \min(\sum_{i=1}^n \varepsilon_i)$$

Es importante recordar que el método de mínimos cuadrados es óptimo cuando se cumplen los supuestos del modelo de regresión lineal los cuales se detallan a continuación.

4.1.4 Linealidad.

Dado que el modelo de regresión lineal múltiple se escribe de la siguiente manera:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon$$

Se tiene que Y es un conjunto de sumas de X multiplicadas por coeficientes de regresión (Betas). Es por eso que la relación de la variable de respuesta Y con respecto a

cada uno de sus regresores, debe ser lineal. Para comprobar que esto se cumpla, es que se realiza un análisis scatter plot entre cada uno de los regresores y la variable de respuesta.

El incumplimiento del supuesto de linealidad se denomina error de especificación. Este se puede dar por la no linealidad de la variable de respuesta con respecto a las variables regresoras, por la omisión de variables independientes importantes o la inclusión de variables independientes irrelevantes, entre otros.

4.1.5 Independencia de los Errores.

La independencia de los errores tiene que ver con la incorrelación de estos, lo que es conocido genéricamente como no correlación entre las perturbaciones o errores. Esto consiste en comprobar que:

$$Cov [\varepsilon_i, \varepsilon_j | X = 0] \forall i \neq j$$

La falta de independencia, se produce fundamentalmente cuando se trabaja con variables aleatorias que se observan a lo largo del tiempo, esto es, cuando se trabaja con series temporales. Como los modelos con los que se trabajarán en esta memoria corresponden a regresiones lineales que no dependen del tiempo, entonces se asume la incorrelación de estos.

4.1.6 Homocedasticidad en los Residuos.

El supuesto de homocedasticidad tiene relación con las varianzas de los errores del modelo. Se supone que:

$$Var [\varepsilon_i | X] = \sigma^2, \forall i = 1, \dots, n$$

La homocedasticidad implica que la variación de los residuos sea uniforme en todo el rango de valores de los pronósticos. Hay diversas causas que pueden afectar la homocedasticidad de los residuos. Entre ellas se encuentran: que no se haya incorporado en el modelo alguna variable de importancia, que existan muchos valores extremos o atípicos o que las unidades de información, se encuentren particionadas en grupos heterogéneos.

4.1.7 Normalidad de los Residuos.

Se considera que el valor esperado de un error o perturbación aleatoria debe ser cero para cualquier observación, lo cual se puede expresar de la siguiente forma:

$$[\varepsilon_i|X] = 0, \forall i$$

Es decir, la media de cada una de las perturbaciones con respecto a cada variable independiente es cero y si a eso se le agregamos el principio de homocedasticidad, se puede inferir que los errores están normalmente distribuidos con media cero y varianza constante. Dada esta situación y en base a la cantidad de observaciones que se tiene la ley de los grandes números puede aplicarse y el supuesto de normalidad puede considerarse, al menos aproximadamente, para todos los casos. Se dice entonces que el supuesto de normalidad es innecesario para el modelo de regresión lineal excepto en los casos donde se asume explícitamente alguna distribución alternativa, cuyo caso no es este.

4.1.8 No Colinealidad entre Variables Independientes.

Si algunas de las variables independientes X que forman parte de la regresión lineal se pueden expresar como una combinación lineal (Greene, 2006):

$$a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_kX_k = 0$$

Entonces el modelo presenta multicolinealidad. Este problema puede hacer al modelo inestable y afectar la varianza de los estimadores, ya que genera valores más altos en cuanto a la varianza. Este último problema tiene relación con lo difícil de estimar separadamente los efectos marginales o individuales de cada variable explicativa por lo que estos se estiman con poca precisión y por lo tanto el valor estadístico para realizar contrastes de significatividad individual tiende a ser pequeño y se aumenta la posibilidad de rechazar la hipótesis nula, por lo que se tiene a concluir que las variables no son significativas individualmente. Esto ocurre debido a que no se estiman con suficiente precisión los efectos individuales de las variables independientes con alta colinealidad.

Existen dos tipos de colinealidad. La primera corresponde a la colinealidad perfecta se da cuando la correlación entre dos o más variables independientes X es muy cercana a 1 y la segunda es la colinealidad parcial corresponde a que la correlación entre dos o más variables independientes sea mayor a 0,7.

5 DATOS.

La información utilizada en esta investigación considera los datos correspondientes a 20 países latinoamericanos. El período de estudio inicial consideró un total de 54 años, entre los años 1960 y 2014, sin embargo, por falta de información asociada a una de las variables, éste período se debió limitar a el período comprendido entre 1986 y 2012, lo que equivale a 26 años. El criterio de selección de los países fue principalmente la disponibilidad de la información, con la intención de contar con una muestra heterogénea.

La variable en estudio es el crecimiento económico, y se añaden 8 variables explicativas que son:

- Stock de capital humano. Definida como el promedio de años de educación secundaria.
- Importaciones de alta tecnología desde países desarrollados. Nivel real de importación de bienes de alta tecnología desde países desarrollados. Es creada usando datos para importación de bienes de capital de naciones desarrolladas desde varias características o datos del Commodity Trade Statics publicado por las Naciones Unidas. Los grupos de mercancías usados en esta medida incluyen las clases para el comercio internacional 7, 86 y 89, para expresar esta variable en términos reales, el dato es deflactado por el índice de precios del productor de U.S. (IPP) para equipos de capital.
- Gasto en Investigación y Desarrollo. Se obtiene desde los indicadores del banco mundial, esta expresado como % del PIB. Luego con el PIB de cada país y para el año correspondiente obtenido también desde el banco mundial y expresado en US\$,

se obtiene el equivalente en cantidad de US\$ al porcentaje de gasto en I&D. Finalmente el valor es deflactado, utilizando para ello como año base el 2010 y utilizando el valor del IPC en EE.UU. para cada año.

- Índice de protección de propiedad intelectual (IPR). Para controlar la variación de niveles de IPR a través de países, se utiliza un índice de variación de tiempo de protección de derechos de propiedad intelectual. Este índice está basado en 5 categorías de leyes de patentes:

- Extensión de cobertura.
- La pertenencia a los acuerdos internacionales de patente.
- Provisiones por pérdida de la protección.
- Reforzar los mecanismos de aplicación.
- Reforzar la duración de la protección.

Se consideraron los valores actualizados de este índice que corresponden a un promedio de los años 1960-1990, además los valores obtenidos para los años: 1995, 2000 y 2005 para utilizarlos se realizó de la siguiente manera:

- El promedio de los años 1960 hasta 1990, se utilizó como índice para los años comprendidos entre ese intervalo y hasta el 1994.
 - El índice de 1995, se utiliza para los años 1995 al 1999.
 - El del 2000 para los años 2000 hasta 2004.
 - El del 2005 para los años 2005 hasta 2015.
- Inversión extranjera directa (IED). La información viene de los indicadores de Desarrollo del Banco Mundial, es la suma de capital igual, reinversión de utilidades, otros capitales a largo y corto plazo. El dato es reportado en \$USD y se usa el IPC del dólar para deflactarlo.

Esta variable puede asumir valores negativos significando que ha ocurrido una desinversión, en esos casos se aplica la fórmula $\ln(\max(\ln(IED), (1-D)))$ donde D es una variable dummy que se iguala a 1 si $FDI > 0$ y a 0 en otro caso. Si $\ln(IED) \geq 0$ el valor es considerado, sino IED se iguala a 0.

- **Infraestructura.** Representada por la Electricidad, los datos sobre la producción de electricidad (% del total) vienen desde los indicadores de desarrollo del banco mundial. La producción de electricidad es medida en los terminales de todo el conjunto de los alternadores en una estación, además de la energía hidroeléctrica, el carbón, petróleo, gas y generación de poder nuclear, abarca la generación de energía geotérmica, solar, viento, mareas y energía de las olas, así como, a partir de combustibles renovables y residuos.

La producción incluye las centrales eléctricas que están diseñadas para producir electricidad, así como la de las plantas combinadas (calor y poder) de cogeneración.

Se obtiene el consumo de electricidad de la siguiente forma:

- Se obtiene el producto del % para el tipo de fuente, por la cantidad de kw/h per cápita multiplicada por la población del país.
- Se calcula el promedio de los valores obtenidos para cada fuente.
- **Formación bruta de capital (VSCB)** se compone de los gastos en adiciones a los activos fijos de la economía más la variación neta en el nivel de inventarios. Los activos fijos incluyen mejoras de la tierra (cercas, zanjas, drenajes, etc.); instalaciones, maquinaria y equipos de compras; y la construcción de carreteras, vías férreas, y similares, incluyendo escuelas, oficinas, hospitales, viviendas privadas y edificios comerciales e industriales. Los inventarios son las existencias de productos en poder de las empresas para satisfacer las fluctuaciones temporales o

inesperadas en la producción o las ventas, y el "trabajo en progreso". De acuerdo con el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN 1993), las adquisiciones netas de objetos valiosos también se consideran formación de capital.

- PIB per cápita. Los datos sobre el producto interno bruto real (PIB) en dólares constantes viene desde los indicadores de desarrollo del banco mundial. Para expresar esta variable en términos per cápita.

Para mayor claridad se presentan todas las variables y los países utilizados en la siguiente tabla.

Países	Stock de capital humano	Importaciones de alta tecnología	Gasto en Investigación y Desarrollo	Índice protección de propiedad intelectual	Inversión extranjera directa	Infraestructura	PIB per cápita en USD	Stock de capital bruto
Argentina	PAES_ARG	IATA_ARG	GID_ARG	IPR_ARG	IED_ARG	PEGN_ARG	PIB_ARG	SCB_ARG
Bolivia	PAES_BOL	IATA_BOL	GID_BOL	IPR_BOL	IED_BOL	PEGN_BOL	PIB_BOL	SCB_BOL
Brasil	PAES_BRA	IATA_BRA	GID_BRA	IPR_BRA	IED_BRA	PEGN_BRA	PIB_BRA	SCB_BRA
Chile	PAES_CHI	IATA_CHI	GID_CHI	IPR_CHI	IED_CHI	PEGN_CHI	PIB_CHI	SCB_CHI
Colombia	PAES_COL	IATA_COL	GID_COL	IPR_COL	IED_COL	PEGN_COL	PIB_COL	SCB_COL
Costa Rica	PAES_CRI	IATA_CRI	GID_CRI	IPR_CRI	IED_CRI	PEGN_CRI	PIB_CRI	SCB_CRI
Cuba	PAES_CUB	IATA_CUB	GID_CUB	IPR_CUB	IED_CUB	PEGN_CUB	PIB_CUB	SCB_CUB
Ecuador	PAES_ECU	IATA_ECU	GID_ECU	IPR_ECU	IED_ECU	PEGN_ECU	PIB_ECU	SCB_ECU
El Salvador	PAES_ESV	IATA_ESV	GID_ESV	IPR_ESV	IED_ESV	PEGN_ESV	PIB_ESV	SCB_ESV
Guatemala	PAES_GUA	IATA_GUA	GID_GUA	IPR_GUA	IED_GUA	PEGN_GUA	PIB_GUA	SCB_GUA
Honduras	PAES_HON	IATA_HON	GID_HON	IPR_HON	IED_HON	PEGN_HON	PIB_HON	SCB_HON
México	PAES_MEX	IATA_MEX	GID_MEX	IPR_MEX	IED_MEX	PEGN_MEX	PIB_MEX	SCB_MEX
Nicaragua	PAES_NIC	IATA_NIC	GID_NIC	IPR_NIC	IED_NIC	PEGN_NIC	PIB_NIC	SCB_NIC
Panamá	PAES_PAN	IATA_PAN	GID_PAN	IPR_PAN	IED_PAN	PEGN_PAN	PIB_PAN	SCB_PAN
Paraguay	PAES_PAR	IATA_PAR	GID_PAR	IPR_PAR	IED_PAR	PEGN_PAR	PIB_PAR	SCB_PAR
Perú	PAES_PER	IATA_PER	GID_PER	IPR_PER	IED_PER	PEGN_PER	PIB_PER	SCB_PER
Puerto Rico	PAES_PRI	IATA_PRI	GID_PRI	IPR_PRI	IED_PRI	PEGN_PRI	PIB_PRI	SCB_PRI
Rep. Dominicana	PAES_RDO	IATA_RDO	GID_RDO	IPR_RDO	IED_RDO	PEGN_RDO	PIB_RDO	SCB_RDO
Uruguay	PAES_URY	IATA_URY	GID_URY	IPR_URY	IED_URY	PEGN_URY	PIB_URY	SCB_URY
Venezuela	PAES_VEN	IATA_VEN	GID_VEN	IPR_VEN	IED_VEN	PEGN_VEN	PIB_VEN	SCB_VEN

Tabla 1: Variables.

5.1 ESTADISTICA DESCRIPTIVA.

Para realizar el análisis de los datos para cada serie, es apropiado revisar y analizar los valores obtenidos en los principales indicadores de la estadística descriptiva de cada variable.

	PATR	GID	PAES	IPR	IED	IATA	PEGN	SCB	PIB
Media	313.3791	1.37E+09	5.725490	3.067647	2.852844	32025962	8.45E+09	5.42E+08	4438.081
Mediana	9.000000	9348220.	6.000000	3.320000	3.053044	7499012.	1.39E+09	83323321	3592.379
Máximo	4798.000	5.74E+10	7.000000	4.280000	3.244479	5.04E+08	8.31E+10	1.10E+10	15186.63
Mínimo	0.000000	0.000000	5.000000	1.080000	0.000000	0.000000	2.46E+08	-6.84E+08	704.8029
Desv. Est.	876.1676	5.50E+09	0.557927	0.767684	0.779644	88351953	1.55E+10	1.25E+09	3170.432
Asimetría	3.669456	6.777614	0.009771	-0.881742	-3.352448	3.945507	2.782850	4.397053	1.265335
Curtosis	15.88869	56.39311	2.508870	3.223385	12.39376	17.37550	10.60643	27.77020	4.208252
Jarque-Bera	2804.720	38690.74	3.080281	40.28716	1698.278	3428.769	1132.644	8808.967	100.2681
Valor-p	0.000000	0.000000	0.214351	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	95894.00	4.19E+11	1752.000	938.7000	872.9704	9.80E+09	2.58E+12	1.66E+11	1358053.
Sum Sq, Dev,	2.34E+08	9.24E+21	94.94118	179.7481	185.3928	2.38E+18	7.35E+22	4.74E+20	3.07E+09
Observaciones	306	306	306	306	306	306	306	306	306

Tabla 2: Estadísticas Descriptivas.

En cuanto a la media obtenida para el PIB per cápita, indica que se cuenta con una muestra bastante variada de países. El valor mínimo obtenido para el PIB corresponde a 704,8029 USD por año (por persona) y el valor máximo de éste corresponde a 15.186,63 USD (por persona). Esto indica de que para algún año, uno de los países de estas series alcanzó estos valores. El PIB promedio deja en evidencia que los países considerados no corresponden a países desarrollados.

La asimetría o deformación horizontal de los valores de la variable respecto al valor central de la media es positiva, o a la derecha. En cuanto a la curtosis, se presenta un valor mayor a 3 lo que indica que tiene una distribución leptocúrtica o más puntiaguda que la distribución normal. Finalmente, aunque ya se puede suponer, el estadístico de Jarque-Bera que se formula bajo la hipótesis nula de normalidad de los residuos, indica en este caso que la serie de PIB per cápita no sigue una distribución normal, esto debido a que el valor obtenido para el estadístico es mayor que el valor crítico tabulado ($\chi^2_2 = 5,99$ para un nivel de significación del 5%), se rechaza entonces la hipótesis nula de normalidad de los residuos.

En el caso de la innovación (PATR), variable que representa la cantidad de solicitudes de patentes de los residentes de un país, el valor máximo corresponde a 4.798 solicitudes realizadas por Brasil en el año 2012 y el valor mínimo obtenido es 0 y esto se debe a que no existen datos respecto de esta materia para algunos años y países específicos de los utilizados en este estudio.

En el caso de la innovación, la asimetría o deformación horizontal de los valores de la variable respecto al valor central de la media al igual que el PIB, es positiva o a la derecha. La curtosis, presenta un valor mayor a 3 lo que indica que también tiene una distribución leptocúrtica o más puntiaguda que la distribución normal y el estadístico de Jarque-Bera, indica en este caso que la innovación (PATR) no sigue una distribución normal, esto debido a que el valor obtenido para el estadístico es mayor que el valor crítico tabulado ($\chi^2_2 = 5,99$ para un nivel de significación del 5%), se rechaza entonces la hipótesis nula de normalidad de los residuos.

Respecto de las demás series se puede apreciar que no todas tienen asimetría positiva o a la derecha, es el caso del índice de protección de derechos de propiedad intelectual (IPR)

y la inversión extranjera directa (IED), para los cuales la asimetría es negativa, o se encuentra desplazada a la izquierda. En cuanto a la curtosis, se puede señalar que excepto el stock de capital humano (PAES) que presenta características platocúrticas, las demás series poseen una distribución leptocúrtica.

Finalmente en el caso del capital humano el estadístico Jarque-Bera no da evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula de normalidad y al observar el valor del p-valor es superior al nivel de significación (habitualmente 0,05 o 0,01) por lo que no se tiene evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula. Para el resto de las series, en base a los indicadores ya mostrados y comprobados por el estadístico de Jarque-Bera no cuentan con una distribución normal.

	DVPATR	DVGID	DVIATA	DVIED	DVIPR	DVPAES	DVPEGN	DVSCB	DVPIB
Media	0.023529	0.145058	0.005279	0.001313	0.018338	0.002279	0.046615	0.136191	0.070610
Mediana	0.035702	0.280459	0.004392	0.001848	0.000000	0.000000	0.045349	0.197820	0.082548
Máximo	0.619039	1.034379	0.078247	0.028872	0.457241	0.182322	0.227171	0.902539	0.337798
Mínimo	-1.134980	-1.633855	-0.070673	-0.051976	0.000000	0.000000	-0.068614	-1.716059	-0.977673
Desv. Est.	0.295571	0.500478	0.016185	0.010817	0.073597	0.020384	0.040325	0.479189	0.156040
Asimetría	-0.986629	-0.782097	0.074922	-1.336015	4.590929	8.775686	0.877721	-0.781435	-3.836766
Curtosis	5.678017	3.697469	12.34745	9.864600	24.42711	78.01266	7.587379	4.315582	26.68439
Jarque-Bera	36.88507	9.777230	291.3243	180.8749	1811.425	19783.17	80.41873	13.91106	2066.112
Valor-p	0.000000	0.007532	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000953	0.000000
Sum	1.882330	11.60466	0.422321	0.105000	1.467032	0.182322	3.729183	10.89526	5.648810
Sum Sq. Dev.	6.901625	19.78774	0.020695	0.009244	0.427900	0.032826	0.128462	18.14016	1.923531
Nº Obs.	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tabla 3: Estadísticas Descriptivas Primeras Diferencias.

Al realizar el análisis de las primeras diferencias, se aprecia que el crecimiento económico de las series tiene un valor positivo o que hay un incremento promedio en las series. Al observar las demás series, se tiene que existe un crecimiento en sus valores en el periodo de

estudio. Al analizar la asimetría de las primeras diferencias, se aprecia que el número de patentes residentes (PATR), el gasto en I&D (GID), la inversión extranjera directa (IED), y el PIB son de carácter negativo o a la izquierda. En el caso de importaciones de alta tecnología (IATA), del índice de protección de derechos de propiedad (IPR), el stock de capital humano (PAES) y la producción de electricidad (PEGN) se aprecia que tienen una asimetría hacia la derecha o positiva.

Al analizar la curtosis todas las series tienen una distribución leptocúrtica. Finalmente, en lo que respecta a la normalidad, el estadístico de Jarque-Bera señala que las series no se comportan como una distribución normal al ser sus valores superiores a 5,99 ($\chi^2_2 = 5,99$).

6 METODOLOGÍA.

Para examinar el rol del comercio de alta tecnología, el índice de protección de la propiedad intelectual y la inversión extranjera directa en la determinación del crecimiento económico y la tasa de innovación de países latinoamericanos, se confeccionó una base de datos a partir de los datos anuales de las variables señaladas en el ítem “Datos” del número 4 anterior, para 18 países latinoamericanos, considerando el periodo comprendido entre los años 1996 a 2012.

Las especificaciones empíricas de las regresiones de innovación y el crecimiento se basan en los modelos teóricos desarrollados por (Grossman & Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy.*, 1991) y (Barro & Sala-i-Martin, 1997). El análisis empírico utiliza un conjunto de datos de panel que consta de 17 años, para 18 países latinoamericanos. Las regresiones de panel son estimadas usando efectos fijos y MCO. Todas las variables son utilizadas en logaritmos naturales y expresadas en términos reales.

Inicialmente se debió determinar el periodo a estudiar, de acuerdo a los datos que se encontraron en las fuentes, se optó por el periodo anteriormente mencionado considerando que para los años anteriores no se encontraban valores en lo relativo al gasto en investigación y desarrollo y al índice de propiedad intelectual. En un principio se consideró todos los países latinoamericanos, sin embargo, hubo que realizar un filtro para determinar cuál de ellos contaba con la cantidad de datos suficientes para su análisis, para ello se tomó como criterio que las variables en estudio deben tener a lo menos la mitad de los datos, es decir, por lo menos deben haber nueve valores en cada variable. Aplicado este filtro se obtuvo un total de 18 países, los que son utilizados para esta investigación.

6.1 Regresión de Innovación.

La innovación en un determinado país se relaciona positivamente con los niveles de importación reales de bienes de capital provenientes de países desarrollados. Diversos estudios sugieren que la composición de las importaciones de un país es importante en la innovación nacional. (Coe & Helpman, 1995) Sugieren que un país debe exhibir mayores niveles de productividad si sus importaciones provienen de países que tienen altos niveles de conocimientos tecnológicos. (Keller, 1999) Sostiene que la composición de las importaciones de un país está condicionada por la difusión tecnológica de la investigación y desarrollo interno, pero solo si está fuertemente sesgada hacia o desde los líderes tecnológicos.

El stock de capital humano y el nivel de gastos en investigación y desarrollo deben también estar correlacionados positivamente con la tasa de innovación (Griliches, 1984). Adicionalmente, los factores que afectan la rentabilidad de la innovación, como el tamaño del mercado deberían contribuir positivamente en las actividades innovadoras. En el año 2000 se demuestra que una función de producción de patentes internacionales depende del PIB per cápita, el cual es usado como un proxy (sustituto) para el conocimiento de las acciones de cada país (Furman, Porter, & Stern, 2000).

Respecto al índice de protección de derechos de propiedad intelectual (IPR), (Helpman, 1993) sostiene que el fortalecimiento de la protección de los IPR en el sur (que se dedica a la imitación) podría reducir la innovación global (y el bienestar) en el largo plazo.

La inversión extranjera directa (IED) puede potencialmente ayudar a difundir la tecnología para el país anfitrión (Grossman & Helpman, Technology and Trade., 1995).

Por último, la habilidad de un país para absorber tecnología extranjera incorporada en las importaciones podría depender de su nivel de infraestructura. El flujo de tecnología a través de IED es a menudo limitado en países en desarrollo, no tanto por las políticas gubernamentales sino por su falta de infraestructura (Bardhan, 1995).

Considerando lo anteriormente expuesto y el modelo propuesto por (Schneider, 2005), la regresión de innovación se define de la siguiente manera:

$$PATR_{it} = \beta_0 + \beta_1 PAES_{it} + \beta_2 IATA_{it} + \beta_3 GID_{it} + \beta_4 PIB_{it} + \beta_5 IPR_{it} + \beta_6 IED_{it} + \beta_7 PEGN_{it} + u_{it}$$

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Dónde:

$PATR_{it}$: Es la tasa de innovación representada por el número solicitudes de patentes de residentes del país i en el año t.

$PAES_{it}$: Nivel de stock de capital humano del país i en el año t. Considera el promedio de años de educación secundaria.

$IATA_{it}$: Nivel de importaciones de bienes de alta tecnología desde países desarrollados hacia el país i en el año t.

GID_{it} : Gasto en investigación y desarrollo realizado por el país i en el año t.

PIB_{it} : Producto interno bruto per cápita del país i en el año t.

IPR_{it} : Índice de protección de patentes o derechos de propiedad del país i en el año t.

IED_{it} : Inversión extranjera directa dentro del país i en el año t.

$PEGN_{it}$: Infraestructura del país, la cual se representa como la producción de electricidad del país i en el año t.

α_i : En las regresiones de efecto fijo α_i representa un efecto individual desconocido.

6.2 Regresión del PIB.

La regresión del PIB considera la innovación local, como la extranjera. El crecimiento de las importaciones de alta tecnología desde países desarrollados es usada como un proxy o sustituto para el efecto de la tecnología extranjera sobre el crecimiento local o interno. También se incluye IED y el IPR con el fin de analizar si estas variables tienen un efecto directo sobre el crecimiento económico.

$$PIB_{it} = \beta_0 + \beta_1 PAES_{it} + \beta_2 PATR_{it} + \beta_3 IATA_{it} + \beta_4 IED_{it} + u_{it}$$

$$PIB_{it} = \beta_0 + \beta_1 PAES_{it} + \beta_2 IPR_{it} + \beta_3 IATA_{it} + \beta_4 IED_{it} + u_{it}$$

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Como con la innovación, en las regresiones de efecto fijo α_i representa un efecto individual desconocido.

6.3 Test de Panel de Raíz Unitaria.

Es importante comprobar las propiedades de integración de las series de datos, para comenzar con ello se analizará si el panel es o no estacionario.

Si una serie temporal tiene una media constante a lo largo del tiempo, decimos que es estacionaria con respecto a la media. Si tiene varianza constante con respecto al tiempo, decimos que es estacionaria en varianza. Si una serie temporal es estacionaria (en media y en varianza) encontrar un modelo que explique su autocorrelación es mucho más fácil. Una serie no estacionaria es integrada de orden d , si se vuelve estacionaria después de ser

diferenciada “0” veces, entonces se le llamará $I(0)$. Si la serie originalmente es encontrada no estacionaria y en las primeras diferencias resulta estacionaria, esta serie será $I(1)$ o integrada de orden 1. Esto es la base para sustentar la existencia de cointegración entre las series del panel.

Para determinar si las series son o no estacionarias se debe analizar si existe raíz unitaria, si existiera entonces se clasifica como no estacionario a nivel e integrada de orden uno, $I(1)$. Se aplicarán dos test de raíz unitaria para paneles de datos, el IPS y Hadri test, los que plantean hipótesis diferentes y son detallados a continuación.

6.3.1 IPS Test.

(Im, Pesaran, & Shin, 2003), proponen un test para analizar la existencia de raíz unitaria en paneles que combinan la información en la dimensión de tiempo como a nivel transversal, para el caso en estudio la dimensión de tiempo es anual y el nivel transversal corresponde a los países latinoamericanos considerados.

IPS comienza planteando una regresión ADF para cada una de las secciones transversales (países) con efectos individuales y sin componente de tiempo, la regresión planteada es la siguiente:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \rho_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{\rho_i} \beta_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{it}$$

Donde $i = 1, \dots, N$ y $t = 1, \dots, T$

La hipótesis nula para esta prueba de cointegración señala que todos los integrantes de la sección transversal cuentan con una raíz unitaria y se expresa de la siguiente forma:

$$H_0: \rho_i = 0, \forall i$$

La hipótesis alternativa permite que algunos (no todos) los individuos que forman la sección transversal cuenten con raíz unitaria.

$$H_1 = \begin{cases} \rho_i = 0, & \forall i = 1, 2, \dots, N_1 \\ \rho_i < 0, & \forall i = N_1 + 1, \dots, N \end{cases}$$

Para los diferentes individuos se estiman las regresiones ADF por separado, se calcula el estadístico t promedio a partir de los rezagos ρ_i y se comparan con el estadístico de la tabla. Si el estadístico t es significativo, entonces se rechaza la hipótesis nula por lo que se concluye que existen algunos países que no poseen raíz unitaria a nivel.

IPS fue aplicado a todas las series analizadas, aquellas obtenidas de aplicar el logaritmo natural a la serie original, considerando para ello las opciones con “intercepto individual” y con “intercepto individual y tendencia” provistas por Eviews. La longitud del rezago consideró el criterio de Schwarz con un rezago máximo de 5 y *, este último equivalente a la máxima longitud de rezago.

6.3.2 Hadri Test.

Hadri (2000) a diferencia de los test comúnmente utilizados, señala que la hipótesis nula debe plantear que las series en estudio tienen un comportamiento estacionario, es decir, establece que no hay raíz unitaria, de esta forma se logra otorgar al test un mayor poder. El test de Hadri está basado en los residuales de las regresiones MCO individuales de y_{it} las que pueden presentar o no, tendencia temporal.

$$y_{it} = r_{it} + \beta_{it} + \varepsilon_{it}$$

Donde y_{it} es la serie en estudio, r_{it} representa la caminata aleatoria, β_{it} es la componente temporal que puede ser incluida o no, y finalmente ε_{it} los residuales.

Para esta prueba las hipótesis son:

$$H_0 = \alpha < 0$$

$$H_1 = \alpha = 0$$

Una vez realizada la regresión se utilizan los residuales estimados para calcular el multiplicador de Lagrange (LM) y analizar la estacionariedad de la serie. El estadístico se puede escribir como:

$$\widehat{LM} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T S_{it}^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2} \right), S_{it} = \sum_{j=1}^t \widehat{e}_{ij}$$

Donde $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ es el estimador de la varianza a largo plazo para los términos del error (Newey & West, 1987). Hadri también se preocupó de considerar errores heterogéneos y serialmente correlacionados para brindarle mayor robustez al test.

Este test se utilizó para estudiar la estacionariedad de las series involucradas en esta investigación y para contrastar los resultados con los obtenidos por IPS.

En la Tabla número 4 se resumen las principales características y diferencias entre las pruebas de raíz unitaria aplicadas.

Test	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa	Método de Autocorrelación
IPS	Hay raíz unitaria	Alguna sección sin raíz unitaria	Rezagos
Hadri	No hay raíz unitaria	Hay raíz unitaria	Kernel

Tabla 4: Características Pruebas Raíz Unitaria.

6.4 Test de Panel de Cointegración.

Existen diversos test que se enfocan en examinar la cointegración en los paneles de datos. Para esta investigación se utilizaron dos test ampliamente reconocidos:

- Pedroni (Pedroni, Critical values for cointegración test in heterogeneous panels with multiple regressors, 1999)
- Fisher- Johansen.

El primero está basado en el test de cointegración de dos pasos planteado por (Engle & Granger, 1987). Por otra parte el test de Fisher es un test combinado que utiliza la metodología de Johansen planteada por (Maddala & Wu, 1999).

6.4.1 Test de Panel de Cointegración según Pedroni.

Como se mencionó anteriormente este test de cointegración está basado en el que plantearon (Engle & Granger, 1987), consiste en examinar los residuales de una regresión espuria generada utilizando variables integradas $I(1)$. Si las variables están cointegradas los residuales deben ser $I(0)$. Por otro lado, si las variables no están cointegradas, los residuales serán $I(1)$. Esta metodología fue extendida por (Pedroni, 1999) en un test que mida la cointegración en un panel de datos. Él planteó una serie de test, que se pueden agrupar en test de panel y de grupos que permiten interceptos y coeficientes de tendencia heterogéneos para cada individuo de la sección transversal. Se considera la regresión que se presenta a continuación:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{mi} x_{mi,t} + e_{i,t}$$

Para $t = 1, \dots, T$, $i = 1, \dots, N$ y $m = 1, \dots, M$. Donde y es la variable dependiente y x representa las variables explicativas que se asumen integradas de orden uno, $I(1)$. Los parámetros α y δ corresponden al efecto individual y efecto de tendencia de cada individuo de la muestra. Estos últimos pueden ser designados como 0 en caso de que se requiera. Como se trabaja bajo la hipótesis nula de no cointegración se realiza una regresión auxiliar con los residuales e_{it} y se estudia si estos están integrados de orden 1, $I(1)$. La regresión auxiliar es la siguiente:

$$e_{it} = \rho_i e_{it-1} + u_{it}$$

O

$$e_{it} = \rho_i e_{it-1} + \sum_{j=1}^{pi} \Psi_{ij} \Delta e_{it-j} + u_{it}$$

Para cada individuo de la muestra. Pedroni desarrolló varios métodos para la construcción de estadísticos que prueben la hipótesis nula de no cointegración:

$$H_0 = \rho_i = 1, \forall i, \text{ donde } \rho_i \text{ es el coeficiente del primer rezago del error.}$$

Además se presentan dos hipótesis alternativas:

La homogénea en donde:

$$H_1 = (\rho_i = \rho) < 1, \forall i$$

Una hipótesis heterogénea en donde:

$$H_2 = \rho_i < 1, \forall i$$

La hipótesis homogénea se aplica para cuatro estadísticos que agrupan los coeficientes de toda la sección transversal y en base a eso se realizan las pruebas de raíz unitaria para los residuales estimados. Mientras que en la hipótesis heterogénea se utilizan tres estadísticos que utilizan el promedio simple de los coeficientes individuales estimados en la regresión.

En general, este método plantea dos tipos de test. El primero está basado en el interior de la dimensión, lo que quiere decir que se basa en cada uno de los miembros, este incluye cuatro estadísticos. Estos estadísticos son: v -estadístico, ρ -estadístico de panel, PP-estadístico de panel y ADF-estadístico de panel. Estos estadísticos reúnen los coeficientes autorregresivos entre los diferentes miembros del panel de los residuales estimados en las pruebas de raíz unitaria. El segundo tipo de test propuesto por Pedroni está basando en un enfoque entre los miembros del panel, el cual incluye tres estadísticos. Estos son ρ -estadístico de grupo, PP-estadístico de grupo y ADF-estadístico de grupo. Estos estadísticos se basan en estimadores que promedian los coeficientes estimados de forma individual para cada miembro del panel. Estos siete estadísticos se distribuyen de forma normal estándar y divergen al infinito negativo, lo que quiere decir que valores negativos rechazan la hipótesis nula, salvo v -estadístico que es una prueba de una sola cola, donde valores positivos rechazan la hipótesis nula de no cointegración.

6.4.2 Fisher-Johansen Test.

Los resultados de Fisher fueron tomados por (Maddala & Wu, 1999) y propusieron un enfoque diferente para comprobar la existencia de cointegración en un panel de datos. Esto lo lograron combinando estadísticos que son aplicados a cada individuo de la sección transversal y posteriormente se genera un estadístico para el panel completo.

El test tiene la hipótesis nula de no cointegración entre las variables seleccionadas, y el método que utiliza es ir agregando variables explicativas partiendo desde 0. A medida que se van agregando las variables se genera un estadístico y se estudia si existe algún vector de cointegración en las variables que han sido consideradas hasta el momento.

Si π_i es el valor $-\rho$ de los test de cointegración individuales de la sección transversal i entonces bajo la hipótesis nula para el panel se obtiene:

$$-2 \sum_{i=1}^N \log(\pi_i) \rightarrow \chi^2_{2N}$$

Estas pruebas miden el número de relaciones de cointegración presentes en el panel, metodología derivada de Johansen y Juselius (1990) bajo la hipótesis nula de no cointegración. Para determinar el número de relaciones de cointegración se procede a evaluar secuencialmente desde $r = 0$ hasta $r = k - 1$, donde k es el número de variables exógenas.

En general se puede señalar que este test va combinando las variables y estudia las posibles combinaciones lineales que permitan generar un vector de cointegración, de existir alguna, se rechaza la hipótesis nula y se está en presencia de cointegración.

6.4.3 Kao Test.

Al igual que Pedroni, KAO se basa en el test de cointegración de dos pasos de Engel-Granger (1987), sin embargo, este autor propone interceptos específicos para las secciones transversales y coeficientes homogéneos en los regresores de la primera etapa. En el caso bi-variado propuesto por KAO se tiene:

$$y_{it} = c_i + X_{it}\alpha + e_{it}$$

Para comprobar la hipótesis nula de no cointegración se utiliza el estadístico de Dickey Fuller Aumentado o ADF.

6.4.4 Modelos Planteados.

Al inicio del número 5 correspondiente a la metodología se plantearon dos modelos generales para la innovación como para el PIB, en el estudio de cointegración se utilizarán cuatro modelos en base a la teoría existente hasta el momento, con el fin de estudiar si se mantienen las mismas tendencias al realizar un estudio con diferente enfoque y una mayor cantidad de países.

Modelo 1:

$$\begin{aligned} VPATR_{it} &= \beta_0 + \beta_1 VIATA_{it} + \beta_2 VGID_{it} + \beta_3 VPIB_{it} + \beta_4 VIPR_{it} + \beta_5 VIED_{it} \\ &+ \beta_6 VPEGN_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Modelo 2:

$$VPATR_{it} = \beta_0 + \beta_1 VIATA_{it} + \beta_2 VGID_{it} + \beta_3 VPIB_{it} + \beta_4 VIPR_{it} + \beta_5 VPEGN_{it} + u_{it}$$

Modelo 3:

$$VPIB_{it} = \beta_0 + \beta_1 VPATR_{it} + \beta_2 VIED_{it} + \beta_3 DVSCB_{it} + \beta_4 DVIATA_{it} + u_{it}$$

Modelo 4:

$$VPIB_{it} = \beta_0 + \beta_1 VIED_{it} + \beta_2 VIPR_{it} + \beta_3 DVSCB_{it} + \beta_4 DVIATA_{it} + \beta_4 + u_{it}$$

La cointegración en estos modelos se estudia mediante los test anteriormente señalados, Pedroni y Fisher-Johansen. Cabe señalar que para poder analizar la

cointegración en el Modelo 1 correspondiente a la Innovación mediante el test Pedroni, fue necesario remover la variable correspondiente a los años de educación secundaria (VPAES) debido a las características especiales de la serie.

6.5 Estimación de Vectores de Cointegración.

6.5.1 Fully Modified OLS (FMOLS).

Una vez que se tiene conocimiento de la existencia de un vector de cointegración en los modelos utilizados, se entiende que éstos tienen una relación de equilibrio en el largo plazo, por lo que resulta conveniente averiguar cuál es el vector de cointegración asociado a cada uno de los modelos. Una forma es realizar una estimación consistente y eficiente de este vector, haciéndose cargo de problemas como variables regresoras que no sean estacionarias o sesgos simultáneos (Pedroni, 2001).

Una de las grandes ventajas que tiene este método de estimación de coeficientes es que la forma en que los datos son agrupados permite una gran flexibilidad en presencia de heterogeneidad de vectores cointegradores y con ello un mejor análisis de los posibles vectores existentes y seleccionar aquel que cumpla de mejor manera con los estadísticos de prueba.

6.5.2 Dynamic OLS (DOLS).

DOLS emplea un enfoque basado en la media de los coeficientes, que tiene varias ventajas con respecto al enfoque anterior basado en coeficientes fijos (Pedroni, 2001). Al igual que FMOLS, DOLS entrega una gran flexibilidad ante la presencia de vectores de

cointegración heterogéneos, mientras que bajo la versión anterior de DOLS los vectores de cointegración estaban restringidos a ser los mismos para cada individuo de la muestra.

Las estimaciones proveen una mejor interpretación en el caso de que existan estos vectores de cointegración heterogéneos, ya que se pueden interpretar como el valor medio de los vectores de cointegración. Finalmente estos estimadores se ven mucho menos afectados por distorsiones causadas por una muestra de tamaño pequeño a diferencia de otros estimadores.

Cabe mencionar que en Eviews, la regresión estimada por DOLS es de acuerdo a lo propuesto por Pedroni. Adicionalmente, el número de rezagos y adelantos utilizados serán los establecidos por el criterio de Schwarz dejando que el software estime el modelo que más se acomode a la regresión del panel.

6.5.3 Common Correlated Effects (CCE).

El estimador CCE surge como una herramienta para obtener los coeficientes individuales de una regresión, sin embargo, su utilización puede ser ampliada para un análisis de datos de panel, o datos agrupados. CCE consiste en la estimación de los coeficientes individuales para luego calcular un promedio para todo el panel.

En comparación con el uso de métodos que incorporan una tendencia en el tiempo, CCE de media de grupo tiene la ventaja de que permite a la sección transversal dependencia derivada de múltiples factores comunes no observables, lo que hace que las respuestas individuales a los factores comunes difieran entre los miembros.

Luego de obtener los coeficientes individuales $\hat{b}_i$ se calcula el promedio de estos para todo el panel como:

$$\hat{b}_{MG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{b}_i$$

Donde $\hat{b}_i$ corresponde a los estimadores individuales de los coeficientes de cada regresión, $\hat{b}_{MG}$ es el promedio de estos coeficientes. También existe otro enfoque basado en el promedio ponderado de los coeficientes, de forma tal que su ponderación sea inversamente proporcional a las varianzas individuales.

6.6 Pruebas de Causalidad a Corto y Largo Plazo.

La prueba de causalidad sirve para determinar si las variables exógenas son causa de la endógena, si ocurre en forma inversa o si existe una causalidad bidireccional

Teniendo conocimiento de la existencia de cointegración en los modelos, y luego de utilizar los estimadores para obtener los modelos de cointegración, se debe utilizar el procedimiento de dos pasos de (Engle & Granger, 1987) para ver la causalidad a corto y largo plazo.

El primer paso es calcular los estimadores de largo plazo para los modelos propuestos (Schneider, 2005) para con ello obtener los términos de corrección del error o residuales ($\hat{\varepsilon}_{it}$). El segundo paso es la estimación de la causalidad de Granger, en donde se proponen modelos dinámicos que incluyen los residuales.

Inicialmente entonces, se debe generar una serie con los residuos del mejor método para estimar el modelo a largo plazo utilizado anteriormente, en este caso el mejor modelo fue DOLS, y el criterio de elección fue R^2 . Una vez que se tienen los residuales estimados ε_{it} se introducen el modelo de corrección del error que tiene la siguiente forma:

$$\Delta y_{it} = \theta_i + \lambda_i \varepsilon_{it-1} + \sum_k \phi_{ik} \Delta y_{it-k} + \sum_k \gamma_{ik} \Delta X_{it-k} + u_{it}$$

La variable y representa a la variable dependiente, o aquella que se desea saber si su comportamiento es influenciado por las demás, X_{it} corresponde al vector de variables explicativas que se cree pueden tener algún tipo de influencia en la variable dependiente, λ_i es el coeficiente del término de corrección del error, también conocido como la velocidad de ajuste. Finalmente, γ_{ik} indica los coeficientes que permitirán estudiar la causalidad a corto plazo entre las variables estudiadas.

Principalmente el análisis se enfocará en ver la significancia de los parámetros γ_{ik} , el que sean significantes es un indicador de que existe algún tipo de causalidad entre las variables. Para estudiar la causalidad a largo plazo se analiza la significancia de λ_i y de ser significativa, esto indica que existe una relación a largo plazo en el proceso de cointegración.

Por último se realiza la prueba conjunta de Wald para confirmar la relación existente entre las variables a largo plazo. Con Wald se prueban los coeficientes que hacen referencia a las relaciones de causalidad de corto y largo plazo de forma conjunta $\lambda_i/\Delta X$. Lo que equivale a $\frac{\lambda_1}{\Delta PIB}$ o $\frac{\lambda_2}{\Delta PATR}$ en el caso de estudio.

Esta prueba, plantea la hipótesis nula de que los coeficientes de los residuales y de las primeras diferencias de las variables rezagadas son iguales a 0. Se espera rechazar o confirmar esta hipótesis para darle mayor robustez a los resultados obtenidos.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

7.1 Análisis de Raíz Unitaria.

Como se señaló en el número cinco “Metodología”, se realizaron dos pruebas o test para verificar si las series contienen o no raíz unitaria y con ello se verifica la existencia de estacionariedad de las series para corroborar que el efecto en estudio es estable en el tiempo y no se produce por cambios durante los periodos de evaluación.

Var	IPS (5 Rezagos)				IPS (Rezagos por Defecto)			
	Individual		Con Tendencia		Individual		Con Tendencia	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
IATA	0.35884	0.6401	-4.16632*	0	1.17250	0.8795	-0.82852	0.2037
GID	-3.11265**	0.0009	-2.39615*	0.0083	-1.97554**	0.0241	-0.42608	0.3350
IPR	0.92983	0.8238	-14.0539*	0	-25.0298*	0	2.25437	0.9879
IED	-1.57236	0.0579	-1.57033	0.0582	-0.69923	0.2422	-1.97116**	0.0244
PEGN	5.02853	1.0000	0.14419	0.5573	5.46086	1.0000	0.47583	0.6829
PIB	7.02362	1.0000	-0.27353	0.3922	7.06263	1.0000	1.83840	0.9670
SCB	6.28633	1.0000	2.10376	0.9823	3.54655	0.9998	-0.89906	0.1843
PATR	0.96336	0.8323	1.11580	0.1323	-0.52577	0.2995	0.10084	0.5402

Tabla 5: Resultados de Test Raíz Unitaria.

Los niveles de significancia 1% y 5% estan señalados con * y ** respectivamente.

En la tabla anterior (Tabla 5) se aprecian los resultados obtenidos al realizar el test de raíz unitaria IPS considerando dos tipos de rezagos, en la parte izquierda de la tabla se presentan los resultados obtenidos considerando el criterio de Schwarz con un máximo de 5 rezagos y en la parte derecha de la tabla se ven los resultados al aplicar el rezago por defecto considerado por Eviews (*), en ambos casos el análisis se realizó con y sin tendencia temporal.

Para un máximo de 5 rezagos, y considerando que la hipótesis nula para IPS señala que todos los integrantes de la sección transversal cuentan con raíz unitaria, se aprecia entonces que:

- No es posible rechazar esta hipótesis para las series de IATA, IPR, IED, PEGN, PIB, SCB, PATR que considera un máximo de 5 rezagos sin tendencia temporal. Estas series poseen entonces, una raíz unitaria.
- Se rechaza la hipótesis nula para la variable GID con un 5% de significancia.

Para un máximo de rezagos dependiente del número de observaciones, señalado por Eviews con *, y considerando la hipótesis nula para IPS, se aprecia entonces que:

- No es posible rechazar esta hipótesis para las series de IATA, IED, PEGN, PIB, SCB, PATR sin tendencia temporal. Estas series poseen una raíz unitaria.
- Se rechaza la hipótesis nula para la variable IPR con un 1% y GID con un 5% de significancia.

De los valores obtenidos considerando la tendencia temporal, se aprecia, considerando el máximo de rezagos de 5, lo siguiente:

- No es posible rechazar esta hipótesis para las series de IED, PEGN, PIB, SCB, PATR sin tendencia temporal. Estas series poseen una raíz unitaria.
- Se rechaza la hipótesis nula para la variable IATA, GID e IPR con un 1% de significancia.

De los valores obtenidos con tendencia temporal, se aprecia considerando el máximo de rezagos dependiente del número de observaciones (en Eviews *), lo siguiente:

- No es posible rechazar esta hipótesis para las series de IATA, GID, IPR, PEGN, PIB, SCB, PATR sin tendencia temporal. Estas series poseen una raíz unitaria.
- Se rechaza la hipótesis nula para la variable PAES e IED con un 1% Y 5% de significancia.

Al aplicar el test de Hadri con y sin tendencia se obtuvieron los siguientes resultados:

Var	Hadri			
	Individual		Con Tendencia	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
PAES	6.10742	0 *	9.17085	0 *
IATA	6.50745	0 *	6.77741	0 *
GID	6.62306	0 *	12.6755	0 *
IPR	8.57707	0 *	7.89856	0 *
IED	7.89732	0 *	6.36080	0 *
PEGN	10.4167	0 *	8.84302	0 *
PIB	8.14057	0 *	8.98997	0 *
SCB	9.92241	0 *	6.92614	0 *
PATR	5.61773	0 *	7.42505	0 *

Tabla 6: Test de Hadri.

El nivel de significancia 1% es señalado con *.

En la tabla se aprecia que para todas las series analizadas con y sin tendencia temporal, se rechaza con un 1% de significancia la hipótesis nula de Hadri, indicando con ello que no existe estacionariedad en las series.

Var	IPS (Rezagos por Defecto) Primera Diferencia				Hadri Primera Diferencia			
	Individual		Con Tendencia		Individual		Con Tendencia	
	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.	Estadístico	Prob.
PAES	-	-	-4.13488*	0	-0.20214	0.5801	4.34176*	0
IATA	-11.2134*	0	-7.62684*	0	0.56715	0.2853	6.06339*	0
GID	-9.40149*	0	-1.13760	0.1276	7.59028*	0	34.2587*	0
IPR	-10.7947*	0	-9.75619*	0	0.74154	0.2292	8.60585*	0
IED	-10.0398*	0	-5.53261*	0	3.76226*	0.0001	19.8368*	0
PEGN	-10.9387*	0	-10.9481*	0	2.56937*	0.0051	6.67947*	0
PIB	-6.27804*	0	-5.93477*	0	3.03318*	0.0012	4.94710*	0
SCB	-8.75582*	0	-6.07355*	0	4.26479*	0	26.0261*	0
PATR	-8.64723*	0	-6.50077*	0	3.76218*	0.0001	29.0318*	0

Tabla 7: IPS y Hadri para primeras diferencias.

La tabla 7 anterior, muestra los resultados obtenidos al aplicar los test IPS y Hadri a las primeras diferencias, con y sin tendencia, confirman las concluidas anteriormente.

Considerando los resultados obtenidos de las pruebas de raíz unitaria realizadas, se puede señalar que:

- De acuerdo a Hadri no existe estacionariedad en las series analizadas. Lo cual es deducible del test IPS para aquellas series que presentan raíz unitaria.
- Con lo anterior se puede concluir que las series utilizadas pueden ser del tipo integradas, considerando que no son estacionarias a nivel y que al ser diferenciadas por primera vez, en su mayoría adquieren la propiedad de estacionariedad.
- Finalmente y en vista de lo señalado anteriormente, se presume que existe cointegración en el panel compuesto por estas variables.

Dados los resultados obtenidos se procederá a realizar las pruebas de cointegración, considerando que para la mayor parte de las series analizadas se encontró evidencia de existir raíz unitaria.

7.2 Análisis de Cointegración.

Una vez realizado el análisis con las pruebas de raíz unitaria, es preciso realizar las pruebas de cointegración de panel para las series estudiadas, esto según el modelo de cointegración planteado por cada metodología, con el fin de determinar si existe una relación de largo plazo entre las variables. Para esto, se tomarán como base los modelos planteados que relacionan las variables de distintas formas, sin embargo, siempre la innovación y el crecimiento económico (PIB) como variables dependientes.

7.2.1 Test de Panel de Cointegración según Pedroni.

Sin tendencia temporal.								
Estadístico	Modelo 1: Innovación		Modelo 2: Innovación 2		Modelo 3: PIB1		Modelo 4: PIB2	
	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.
Panel v-Statistic	-2.475196	0.9933	-0.665123	0.7470	-1.651539	0.9507	-0.762357	0.7771
Panel rho-Statistic	2.059535	0.9803	0.818550	0.7935	1.702450	0.9557	1.565836	0.9413
Panel PP-Statistic	0.844452	0.8008	-1.630746	0.0515	-3.124568	0.0009*	-5.122146	0.0000*
Panel ADF-Statistic	0.954136	0.8300	-1.324757	0.0926	-3.188086	0.0007*	-5.029551	0.0000*
Group rho-Statistic	2.682039	0.9963	1.550242	0.9395	2.955101	0.9984	3.255715	0.9994
Group PP-Statistic	-0.355870	0.3610	-2.377940	0.0087*	-3.858000	0.0001*	-9.222779	0.0000*
Group ADF-Statistic	-0.539057	0.2949	-1.772895	0.0381**	-3.708937	0.0001*	-6.949907	0.0000*

Tabla 8: Test de Panel de Cointegración según Pedroni sin tendencia.

*, ** Corresponden al 1% y 5% de significancia respectivamente.

Con tendencia temporal.								
Estadístico	Modelo 1: Innovación		Modelo 2: Innovación1		Modelo 3: PIB1		Modelo 4: PIB2	
	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.
Panel v-Statistic	-2.944833	0.9984	-0.961711	0.8319	-2.087783	0.9816	-2.699585	0.9965
Panel rho-Statistic	2.644850	0.9959	1.901740	0.9714	2.183221	0.9855	2.940006	0.9984
Panel PP-Statistic	0.235873	0.5932	-0.687868	0.2458	-4.942967	0.0000*	-5.189165	0.0000*
Panel ADF-Statistic	-0.286269	0.3873	-0.248832	0.4017	-4.645591	0.0000*	-4.602919	0.0000*
Group rho-Statistic	2.998687	0.9986	2.508615	0.9939	3.309061	0.9995	4.369316	1.0000
Group PP-Statistic	-4.103524	0.0000*	-4.547287	0.0000*	-8.170002	0.0000*	-7.792325	0.0000*
Group ADF-Statistic	5.812842	0.0000*	-2.072395	0.0191**	-6.647756	0.0000*	-6.009581	0.0000*

Tabla 9: Test de Panel de Cointegración según Pedroni con Tendencia Temporal.

*, ** Corresponden al 1% y 5% de significancia respectivamente.

En las tablas 7 y 8, al analizar los resultados obtenidos con Pedroni para el modelo 1 correspondiente a la Innovación, se aprecia que no se rechaza la hipótesis nula de NO cointegración para ninguno de los estadísticos planteados, considerando que la significancia de los valores obtenidos es superior al 10%, lo que indica claramente que existe cointegración entre las variables del modelo. Sin embargo, al considerar la tendencia temporal de acuerdo a los estadísticos ADF y Phillips Perron, caso en que se permite heterogeneidad de coeficientes en el cálculo de los estadísticos, se rechazaría la hipótesis nula al 1% de significancia.

Para el modelo 2 también asociado a la innovación, excluyendo la inversión extranjera directa, se aprecia que tanto al considerar como al no considerar tendencia temporal se rechaza la hipótesis nula de no cointegración para los estadísticos de grupo ADF y Phillips Perron con un 5% y 1% respectivamente. Lo que señala la existencia de cointegración entre las variables de ese modelo.

Al analizar el modelo 3 correspondiente al PIB considerando el número de patentes de residentes, se aprecia que para los estadísticos de panel y de grupo de Phillips Perron y ADF, con y sin tendencia, se rechaza la hipótesis nula de no cointegración al 1%.

En el caso del modelo 4 y al igual que para el modelo 3, se observa que para los estadísticos ADF y Phillips Perron tanto de panel como de grupo, se rechaza con un 1% de significancia la hipótesis nula de no cointegración, con y sin tendencia temporal.

En base a los resultados obtenidos con Pedroni, se puede concluir que para cada uno de los modelos planteados, tanto para la innovación como para el PIB, si existe una relación de cointegración, esto considerando que para al menos uno de los estadísticos de este método, se rechazó la hipótesis nula de no cointegración con un 1 o 5% de significancia. Cabe mencionar que los siete estadísticos presentados por Pedroni se ajustan a diferentes tipos de muestras, y que en esta sección sólo interesa si existe o no una relación de cointegración, no se desea saber cuál es el vector de integración involucrado, sólo conocer su existencia.

7.2.2 Test de Kao.

Habiendo obtenido los resultados de aplicar el test de panel de cointegración según Pedroni y buscando corroborar éstos, se realiza el test de Kao el cual señala la existencia de un vector de cointegración en la medida que se incluyen variables al análisis. Los resultados obtenidos al aplicar este test, son los siguientes:

KAO.								
	Modelo 1: Innovación		Modelo2: Innovación1		Modelo 3: PIB1		Modelo 4: PIB2	
Estadístico	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.
ADF (criterio Schwarz)	1.746620	0.0404**	1.206829	0.1137	-1.536323	0.0622	-5.990084	0.0000*
ADF (valores por defecto)	-0.558957	0.2881	0.668025	0.2521	1.486648	0.0686	-1.582924	0.0567

Tabla 10: Test de Cointegración de Panel de KAO.

En tabla 9 se aprecia que al utilizar en Eviews el criterio de Schwarz en los retardos, se rechaza la hipótesis nula de NO cointegración para los modelos 1 y 4, en el modelo 1 con un 5% de significancia y en el modelo 4 con 1% de significancia. Sin embargo, al utilizar los retardos por defecto (retardo=1 y sin Schwarz), no se rechaza para ningún modelo la hipótesis nula de no cointegración, considerando niveles de significancia del 1% y 5% para el rechazo de ella.

7.2.3 Estimación de Vectores de Cointegración.

De los test realizados anteriormente se aprecia la existencia de cointegración entre las variables de los modelos utilizados, con ello el siguiente paso es estimar los coeficientes para cada modelo y variable en ellos, para ello se utilizan los métodos FMOLS y DOLS.

7.2.3.1 FMOLS.

La primera estimación se realiza utilizando FMOLS, entre sus ventajas se encuentra que maneja de buena manera la presencia de diversos vectores de integración, debido a que se le entrega una gran flexibilidad a los estimadores y el vector de cointegración presentado es el que mejor representa esta relación según los estadísticos de prueba. En la tabla 10 se aprecian los vectores de cointegración generados para cada uno de los modelos.

	Modelo 1: Innovación		Modelo 2: Innovación1		Modelo 3: PIB1		Modelo 4: PIB2	
Var.	Estadístico (Coef.)	Prob.	Estadístico (Coef.)	Prob.	Estadístico (Coef.)	Prob.	Estadístico (Coef.)	Prob.
VPATR	-	-	-	-	-0.027708 (-0.000687)	0.9779	-	-
VGID	1.616030 (0.629296)	0.1156	0.311120 (0.058617)	0.7573	-	-	-	-
VPIB	-2.497773 (-4.084590)	0.0177**	-2.206316 (-3.161494)	0.0332**	-	-	-	-
VIDE	-2.617787 (-39.70678)	0.0133**	-		1.243734 (0.959971)	0.2165	1.295850 (0.739588)	0.1968
VIATA	3.044805 (3.867954)	0.0045*	2.726130 (2.964270)	0.0095*	-	-	-	-
VPEGN	1.176913 (2.072711)	0.2476	1.099043 (1.771970)	0.2783	-	-	-	-
VIPR	1.041169 (1.510793)	0.3054	0.585211 (0.734068)	0.5617	-	-	1.214138 (0.042220)	0.2264
DVSCB	-	-	-	-	7.531952 (0.179520)	0.0000*	8.708701 (0.160788)	0.0000*
DVIATA	-	-	-	-	7.072176 (3.714188)	0.0000*	6.007568 (2.360877)	0.0000*

Tabla 11: Estimación de Coeficientes con FMOLS

Como se aprecia en la tabla anterior, para el modelo 1 se observa que las importaciones de alta tecnología (VIATA) es la que tiene mayor impacto positivo sobre la innovación, seguida de la infraestructura o producción de electricidad (VPEGN), luego por el índice de protección de patentes (VIPR) y como la de menor impacto positivo sería el gasto en investigación y desarrollo (VGID). Impactan negativamente al modelo, la inversión extranjera directa (VIDE) y el producto interno bruto o crecimiento económico (VPIB). De los coeficientes estimados el correspondiente a las importaciones de alta tecnología es significativo al 1%, el PIB y la inversión extranjera directa lo son al 5%.

Para el modelo 2, donde la variable dependiente también es la innovación (VAPTR) y en el cual se excluye la inversión extranjera directa, se observa al igual que para el modelo 1, que las importaciones de alta tecnología (VIATA) tienen mayor impacto positivo sobre la innovación, seguida de la infraestructura o producción de electricidad (VPEGN), luego por el índice de protección de patentes (VIPR) y con menor impacto

positivo el gasto en investigación y desarrollo (VGID). Impacta negativamente en el modelo el producto interno bruto o crecimiento económico (VPIB). De los coeficientes estimados el correspondiente a las importaciones de alta tecnología es significativo al 1% y el PIB al 5%.

En el caso del modelo 3, cuya variable dependiente es el crecimiento económico, se aprecia que la variable con mayor impacto positivo corresponde al crecimiento de las importaciones de alta tecnología (DVIATA), seguida muy por detrás por la inversión extranjera directa (VIED) y el crecimiento del stock de capital físico (DVSCB), siendo el número de patentes de residentes (VPATR) la que tiene un impacto negativo sobre el crecimiento económico. Aquí también se aprecia que la significancia en el crecimiento del stock de capital físico (DVSCB) es del 1%, al igual que en el crecimiento de las importaciones de alta tecnología (DVIATA).

Para el modelo 4 la variable de mayor influencia positiva es al igual que para el modelo 3, el crecimiento de las importaciones de alta tecnología (DVIATA), con una significancia del 1%, luego le sigue la inversión extranjera directa (VIED), el crecimiento del stock de capital físico (DVSCB) también con una significancia del 1% y por último, el índice de protección de derechos de propiedad intelectual (VIPR), no habiendo en este caso un efecto negativo en el crecimiento económico.

7.2.3.2 DOLS.

Dentro de las ventajas que presenta este método es que al igual que en FMOLS permite la presencia de heterogeneidad de vectores de cointegración, y en el caso de que existan, ofrece una mejor interpretación de ella como la media de los vectores de cointegración.

	Modelo 1: Innovación		Modelo 2: Innovación		Modelo 3: PIB1		Modelo 4: PIB2	
Variables	Estadístico (Coef.)	Prob.	Estadístico (Coef.)	Prob.	Estadístico (Coef.)	Prob.	Estadístico (Coef.)	Prob.
VPATR	-	-	-	-	-0.451309 (-0.011761)	0.6538	-	-
VGID	22.03741 (2.926113)	0.0289**	0.033217 (0.004951)	0.9738	-	-	-	-
VPIB	3.466360 (0.394074)	0.1788	-0.786786 (-0.659855)	0.4411	-	-	-	-
VIDE	-18.88367 (-108.3455)	0.0337**			-0.526373 (-0.485517)	0.6010	0.560047 (0.397714)	0.5768
VIATA	-26.66846 (-3.970440)	0.0239**	1.168570 (0.772961)	0.2570	-	-	-	-
VPEGN	-2.951257 (-0.938868)	0.2080	2.372622 (1.797334)	0.0284**	-	-	-	-
VIPR	-26.30450 (-3.787425)	0.0242**	-0.328810 (-0.241312)	0.7459	-	-	0.349576 (0.012823)	0.7274
DVSCB	-	-	-	-	4.063404 (0.191465)	0.0002*	7.731459 (0.276873)	0.0000*
DVIATA	-	-	-	-	7.773910 (9.341157)	0.0000*	5.588292 (3.527543)	0.0000*

Tabla 12: Estimación de Coeficientes de Cointegración con DOLS.

En este método se aprecia para el modelo 1, que la inversión extranjera directa (VIDE), las importaciones de alta tecnología (VIATA), la producción de electricidad (VPEGN) y el índice de protección de derechos de autor (VIPR) tienen un efecto negativo sobre la innovación. Por otro lado, el gasto en investigación y desarrollo (VGID) y el producto interno bruto o crecimiento económico (VPIB) tienen una incidencia positiva sobre la innovación, la que es relevante en el caso del gasto en investigación y desarrollo (VGID). Los coeficientes de estas variables son significativos al 5%, exceptuando al producto interno bruto (VPIB) y a la producción de electricidad (VPEGN).

El modelo 2 muestra que el mayor impacto positivo sobre la innovación en este caso, es de la producción de electricidad (VPEGN), seguido por las importaciones de alta tecnología (VIATA) y el gasto en investigación y desarrollo (VGID), sin embargo, el índice de protección de derechos de autor (VIPR) y el producto interno bruto (VPIB), tendrían un

efecto negativo sobre la innovación. En este modelo solo se aprecia un coeficiente con un grado de significancia del 5% correspondiente a la producción de electricidad (VPEGN).

En el modelo 3 se ve un impacto positivo del crecimiento de las importaciones de alta tecnología (DVIATA), seguido muy por detrás por el crecimiento del stock de capital físico (DVSCB), ambas variables con un grado de significancia del 1%. Impactan negativamente en el modelo el número de patentes de residentes (VPATR) y la inversión extranjera directa (VIED).

En el caso del modelo 4, todas las variables impactan positivamente el modelo, siendo al igual que en el modelo 3 el crecimiento de las importaciones de alta tecnología (DVIATA) la que lo hace en mayor grado, seguida muy por detrás de la inversión extranjera directa (VIED), el crecimiento del stock de capital físico (DVSCB) y el índice de protección de derechos de autor (VIPR).

7.3 Análisis de Causalidad.

Teniendo ya clara la existencia de una relación de cointegración entre variables, se efectúa el análisis de causalidad entre ellas para cada modelo. Para ello, se aplica el método de dos pasos de Engle y Granger (1987), donde lo primero es obtener los residuos generados por la estimación de los vectores de cointegración en la sección anterior, los que fueron obtenidos de la estimación de coeficientes mediante el método DOLS, luego se utilizan estos residuales para estimar el modelo de causalidad de Granger.

La elección de los residuales obtenidos con el método DOLS, se debe a que por sus características se desenvuelve de mejor forma en paneles con un gran número de individuos y espacio temporal, se consideró también como criterio el R^2 o coeficiente de

determinación, obtenido con cada uno de los métodos aplicados sobre los modelos estimados, donde DOLS destacó por tener los valores más altos.

		Corto Plazo									Largo Plazo
Var.	$\Delta \ln PATR$	$\Delta \ln GID$	$\Delta \ln PIB$	$\Delta \ln IED$	$\Delta \ln IATA$	$\Delta \ln PEGN$	$\Delta \ln IPR$	$\Delta \ln VPIB$	$\Delta \ln VSCB$	$\Delta \ln VIATA$	ε
Modelo 1											
$\Delta \ln PATR$		2.18972 (0.1424)	0.39877 (0.5287)	4.22448 (0.0418)**	2.41694 (0.1221)	7.69997 (0.0062)**	0.04907 (0.8250)				0.39364 (0.5460)
$\Delta \ln GID$	16.4594 (0.0001)*		2.03277 (0.1562)	0.01209 (0.9127)	5.49484 (0.0205)**	40.2088 (3.E-09)**	0.74542 (0.3894)				0.17975 (0.6815)
$\Delta \ln PIB$	0.02305 (0.8795)	0.28963 (0.5913)		0.64823 (0.4215)	0.00707 (0.9330)	0.53145 (0.4666)	9.80607 (0.0019)*				0.00049 (0.9828)
$\Delta \ln IED$	6.17495 (0.0142)**	6.47375 (0.0123)	13.0505 (0.0004)*		22.8705 (3.E-06)**	24.5577 (1.E-06)**	4.63563 (0.0323)**				0.80053 (0.3942)
$\Delta \ln IATA$	1.18114 (0.2788)	0.00831 (0.9275)	1.45842 (0.2282)	0.29451 (0.5879)		2.37839 (0.1242)	2.94754 (0.0871)				0.47588 (0.5077)
$\Delta \ln PEGN$	0.22704 (0.6344)	0.08629 (0.7694)	0.00172 (0.9670)	0.81407 (0.3678)	0.56530 (0.4528)		0.16290 (0.6868)				0.06175 (0.8093)
$\Delta \ln IPR$	0.77394 (0.3804)	1.66580 (0.1990)	1.06358 (0.3033)	4.40558 (0.0368)**	0.61377 (0.4340)	3.41253 (0.0657)**					3.34265 (0.1008)
Modelo2											
$\Delta \ln PATR$		2.18972 (0.1424)	0.39877 (0.5287)		2.41694 (0.1221)	7.69997 (0.0062)*	0.04907 (0.8250)				0.22548 (0.6379)
$\Delta \ln GID$	16.4594 (0.0001)*		2.03277 (0.1562)		5.49484 (0.0205)**	40.2088 (3.E-09)*	0.74542 (0.3894)				0.99809 (0.3248)
$\Delta \ln PIB$	0.02305 (0.8795)	0.28963 (0.5913)			0.00707 (0.9330)	0.53145 (0.4666)	9.80607 (0.0019)*				0.42379 (0.5194)
$\Delta \ln IATA$	1.18114 (0.2788)	0.00831 (0.9275)	1.45842 (0.2282)			2.37839 (0.1242)	2.94754 (0.0871)				0.28083 (0.5996)
$\Delta \ln PEGN$	0.22704 (0.6344)	0.08629 (0.7694)	0.00172 (0.9670)		0.56530 (0.4528)		0.16290 (0.6868)				1.26777 (0.2681)
$\Delta \ln IPR$	0.77394 (0.3804)	1.66580 (0.1990)	1.06358 (0.3033)		0.61377 (0.4340)	3.41253 (0.0657)					0.01298 (0.9100)
Modelo 3											
$\Delta \ln VPIB$	0.14818 (0.7009)			0.00348 (0.9530)					6.64202 (0.0106)*	1.08036 (0.2996)	0.01726 (0.8958)
$\Delta \ln PATR$				4.22448				0.46546	3.33030	4.23741	1.40532

		Corto Plazo									Largo Plazo
Var.	$\Delta \ln PATR$	$\Delta \ln GID$	$\Delta \ln PIB$	$\Delta \ln IED$	$\Delta \ln IATA$	$\Delta \ln PEGN$	$\Delta \ln IPR$	$\Delta \ln VPIB$	$\Delta \ln VSCB$	$\Delta \ln VIATA$	ε
				(0.0418)**				(0.4962)	(0.0706)	(0.0414)**	(0.2396)
$\Delta \ln IED$	6.17495 (0.0142)**							2.62651 (0.1065)	0.21042 (0.6469)	0.12019 (0.7292)	3.35712 (0.0709)
$\Delta \ln VSCB$	0.00016 (0.9901)			0.62989 (0.4283)				0.32012 (0.5721)		0.00317 (0.9551)	2.56013 (0.1138)
$\Delta \ln VIATA$	0.02779 (0.8678)			0.30902 (0.5789)				12.1031 (0.0006)*	6.08745 (0.0144)**		0.86255 (0.3560)
Modelo 4											
$\Delta \ln VPIB$				0.00348 (0.9530)			6.63172 (0.0106)*		6.64202 (0.0106)**	1.08036 (0.2996)	5.54672 (0.0199)*
$\Delta \ln IED$							4.63563 (0.0323)**	2.62651 (0.1065)		0.12019 (0.7292)	0.29990 (0.5848)
$\Delta \ln IPR$				4.40558 (0.0368)**				6.84451 (0.0094)*	3.89179 (0.0498)**	9.57724 (0.0022)*	3.82110 (0.0527)
$\Delta \ln VSCB$				0.62989 (0.4283)			0.03537 (0.8510)	0.32012 (0.5721)		0.00317 (0.9551)	2.15769 (0.1442)
$\Delta \ln VIATA$				0.30902 (0.5789)			3.85538 (0.0507)	12.1031 (0.0006)*	6.08745 (0.0144)**		0.39494 (0.5308)

Tabla 13: Causalidad según Granger.

* corresponde al 1% de significancia y ** al 5% de significancia.

7.3.1 Análisis de Corto Plazo.

Los resultados obtenidos al realizar la estimación del modelo de causalidad de Granger se aprecian en la tabla 12 anterior, donde para cada modelo planteado se estudia si cada una de las variables en él es causa de otra según Granger.

Analizando el modelo 1 se observa que la inversión extranjera directa ($\ln(VIED)$) y la infraestructura o producción de electricidad ($\ln(VPEGN)$) son causa de Granger a corto plazo del número de patentes de residentes ($\ln(VPATR)$).

En el mismo modelo 1 también se aprecia que:

- El número de patentes de residentes es causa de Granger con impacto positivo al 5% de significancia de la inversión extranjera directa ($\ln(IED)$) y al 1% del gasto en investigación y desarrollo ($\ln(GID)$).
- En el caso del PIB, es causa de Granger al 1% sobre la inversión extranjera directa ($\ln(IED)$).
- La inversión extranjera directa es causal al 5% del número de patentes de residentes y del índice de protección de derechos de propiedad intelectual ($\ln(IPR)$).
- La importación de alta tecnología ($\ln(IATA)$) es causal del gasto en investigación y desarrollo ($\ln(GID)$).
- La infraestructura o producción de electricidad ($\ln(PEGN)$), es causal del gasto en investigación y desarrollo ($\ln(GID)$), la inversión extranjera directa ($\ln(IED)$) y del índice de protección de derechos de propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) con un 5% de significancia.
- El índice de protección de derechos de propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) es causal de, la inversión extranjera directa ($\ln(IED)$) con un 5% de significancia y del crecimiento económico ($\ln(PIB)$) con un 1% de significancia.
- Finalmente el crecimiento económico ($\ln(PIB)$) es causal de la inversión extranjera directa ($\ln(IED)$) con el 1% de significancia.

En el modelo 2 se observa que solo la producción de electricidad ($\ln(\text{PEGN})$) es causa de Granger a corto plazo del número de patentes de residentes con un 1% de significancia.

En el mismo modelo se aprecia también que:

- El número de patentes de residentes es causa de Granger con impacto positivo al 1% del gasto en investigación y desarrollo ($\ln(\text{GID})$).
- La importación de alta tecnología ($\ln(\text{IATA})$) es causal del gasto en investigación y desarrollo ($\ln(\text{GID})$) con un 5% de significancia.
- La infraestructura o producción de electricidad ($\ln(\text{PEGN})$), además de lo mencionado anteriormente, es causal del gasto en investigación y desarrollo ($\ln(\text{GID})$) con un 1% de significancia.
- El índice de protección de derechos de propiedad intelectual ($\ln(\text{IPR})$) es causal del crecimiento económico ($\ln(\text{PIB})$) con un 1% de significancia.

Para el modelo 3, la única variable causal de Granger del real crecimiento económico ($\ln(\text{VPIB})$), es el crecimiento del stock de capital bruto per cápita ($\ln(\text{VSCB})$) con un 1% de significancia. Por otro lado, también se visualiza:

- Que el número de patentes de residentes, es causal de la inversión extranjera directa ($\ln(\text{VIED})$) con un 5% de significancia.
- La inversión extranjera directa ($\ln(\text{IED})$), es causal del número de patentes de residentes ($\ln(\text{PATR})$) con un 5% de significancia.
- El real crecimiento económico ($\ln(\text{VPIB})$) es causal al 1% de significancia, del crecimiento de las importaciones de alta tecnología ($\ln(\text{VIATA})$).

- El crecimiento del stock de capital bruto per cápita ($\ln(VSCB)$), es también causal del crecimiento de las importaciones de alta tecnología ($\ln(VIATA)$).
- A su vez, el crecimiento de las importaciones de alta tecnología ($\ln(VIATA)$) es causal del número de patentes de residentes ($\ln(PATR)$) con un 5% de significancia.

En el modelo 4, se observa que tanto el índice de protección de los derechos de propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) como el crecimiento del stock de capital bruto per cápita ($\ln(VSCB)$) son causal de Granger del real crecimiento económico al 1% y 5% de significancia respectivamente. Adicionalmente, se aprecia lo siguiente:

- La inversión extranjera directa ($\ln(IED)$) es causal del índice de protección de derechos de la propiedad intelectual ($\ln(IPR)$).
- A su vez el índice de protección de derechos de la propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) es causal de la inversión extranjera directa ($\ln(IED)$) con un 5% de significancia.
- El real crecimiento económico ($\ln(VPIB)$), es causal de la propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) y del crecimiento de las importaciones de alta tecnología ($\ln(VIATA)$), al 1% de significancia.
- El crecimiento del stock de capital bruto per cápita ($\ln(VSCB)$) es causal del índice de protección de los derechos de propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) y del crecimiento de las importaciones de alta tecnología ($\ln(VIATA)$), con 5% de significancia.

- El crecimiento de las importaciones de alta tecnología ($\ln(VIATA)$) es causal del índice de protección de derechos de propiedad intelectual ($\ln(IPR)$) con un 1% de significancia.

7.3.2 Análisis de Largo Plazo.

Al realizar el test de Granger y según se aprecia en la tabla 13 anterior, existe una única relación de largo plazo en el modelo 4, donde todas las variables influyen positivamente en el real crecimiento económico ($\ln(VPIB)$).

7.4 Test de Wald.

Con el objeto de comprobar los resultados obtenidos por el método Granger a largo plazo, se realiza el test de Wald, para ello se planteó como hipótesis nula que para cada variable los coeficientes de los residuales, como los coeficientes de las primeras diferencias rezagadas son iguales a cero (0). En caso de que se rechace la hipótesis nula, se concluye que las variables tienen una relación a largo plazo y se logra obtener una visión más específica de cómo se ve afectada la variable dependiente por las independientes.

Var.	$\Delta \ln PATR$	$\Delta \ln GID$	$\Delta \ln PIB$	$\Delta \ln IED$	$\Delta \ln IATA$	$\Delta \ln PEGN$	$\Delta \ln IPR$	$\Delta \ln VSCB$
Modelo 1								
$\Delta \ln PATR$		0.957319 (0.4290)	0.348073 (0.7176)	0.260701 (0.7777)	0.537497 (0.6065)	1.255588 (0.3420)	0.999781 (0.4150)	
$\Delta \ln GID$	0.782356 (0.4936)		0.033662 (0.9671)	4.333468 (0.0596)	0.034001 (0.9667)	0.497430 (0.6281)	0.291172 (0.7560)	
$\Delta \ln PIB$	0.173808 (0.8440)	0.011472 (0.9886)		0.199844 (0.8234)	2.005020 (0.2049)	1.569695 (0.2734)	0.048888 (0.9526)	
$\Delta \ln IED$	0.086813 (0.9178)	4.276515 (0.0612)	0.196154 (0.8263)		0.633068 (0.5588)	0.111807 (0.8958)	0.427142 (0.6683)	
$\Delta \ln IATA$	0.362165 (0.7085)	0.018652 (0.9816)	2.015747 (0.2035)	0.645255 (0.5531)		0.027499 (0.9730)	0.053260 (0.9485)	
$\Delta \ln PEGN$	1.082800 (0.3893)	0.509577 (0.6214)	1.617234 (0.2646)	0.149315 (0.8640)	0.053652 (0.9481)		0.313950 (0.7403)	
$\Delta \ln IPR$	0.826474 (0.4762)	0.294086 (0.7540)	0.074060 (0.9293)	0.458945 (0.6497)	0.071503 (0.9317)	0.305319 (0.7462)		
Modelo 2								
$\Delta \ln PATR$		1.281792 (0.2902)	1.801543 (0.1800)		1.733689 (0.1915)	1.294533 (0.2868)	1.117628 (0.3384)	
$\Delta \ln GID$	0.548493 (0.5827)		3.188655 (0.0534)		0.466486 (0.6310)	0.718242 (0.4947)	0.321741 (0.7270)	
$\Delta \ln PIB$	1.484785 (0.2405)	3.675906 (0.0356)**			68.19092 (0.0000)*	2.729758 (0.0791)	0.630417 (0.5383)	
$\Delta \ln IATA$	1.424319 (0.2543)	0.895725 (0.4175)	68.21934 (0.0000)*			0.754620 (0.4777)	0.896065 (0.4173)	
$\Delta \ln PEGN$	0.429696 (0.6541)	0.586058 (0.5619)	2.120877 (0.1351)		0.199317 (0.8202)		0.685687 (0.5104)	
$\Delta \ln IPR$	0.289994 (0.7500)	0.221386 (0.8025)	0.113498 (0.8930)		0.365646 (0.6964)	0.715446 (0.4960)		
Modelo 3								
$\Delta \ln VPIB$	23.27406 (0.0000)*			22.99008 (0.0000)*	71.90202 (0.0000)*			42.30394 (0.0000)*
$\Delta \ln PATR$			0.290329 (0.7487)	1.007445 (0.3693)	0.108349 (0.8974)			0.382700 (0.6831)
$\Delta \ln IED$	0.908371 (0.4069)		0.006282 (0.9937)		0.246766 (0.7819)			14.46744 (0.0000)*
$\Delta \ln VSCB$	5.460352 (0.0058)*		19.31919 (0.0000)*	21.30022 (0.0000)*	5.202027 (0.0073)*			
$\Delta \ln VIATA$	9.711958 (0.0002)*		48.91855 (0.0000)*	9.999380 (0.0001)*				9.763767 (0.0001)*
Modelo 4								
$\Delta \ln VPIB$				47.78250 (0.0000)*	75.77450 (0.0000)*		48.00510 (0.0000)*	112.6349 (0.0000)*
$\Delta \ln IED$			0.152536 (0.8587)		1.315482 (0.2712)		0.060245 (0.9416)	10.88104 (0.0000)*
$\Delta \ln IPR$			0.376085 (0.6871)	0.143284 (0.8666)	0.476212 (0.6220)			5.033554 (0.0076)*
$\Delta \ln VSCB$			64.99822 (0.0000)*	28.93716 (0.0000)*	16.48695 (0.0000)*		21.83520 (0.0000)*	
$\Delta \ln VIATA$			28.14394 (0.0000)*	9.941157 (0.0001)*			8.921824 (0.0002)*	9.013323 (0.0002)*

Tabla 14: Test de Wald.

En la tabla 14 anterior, se aprecia que para el modelo 1 no se observan influencias de largo plazo, sin embargo, en el modelo 2 si bien no se ve una influencia de largo plazo sobre la innovación, si se aprecia una influencia del gasto en investigación y desarrollo (VGID) y de la importación de alta tecnología (VIATA) sobre el crecimiento económico (VPIB) con un 5 y 1% de significancia respectivamente, siendo esta última relación recíproca, es decir, el crecimiento económico (VPIB) también influye a largo plazo sobre la importación de alta tecnología (VIATA) con un 1% de significancia.

En el modelo 3 todas las variables tienen incidencia sobre el crecimiento económico (VPIB), esto considerando que para todas ellas se rechaza la hipótesis nula con 1% de significancia, lo que confirma la existencia de una relación de largo plazo con el crecimiento económico. En el caso del crecimiento del stock de capital bruto (VSCB) per cápita, también se ve influenciado a largo plazo por el resto de las variables del modelo con un 1% de significancia. A su vez, el stock de capital bruto per cápita (VSCB), influye en el largo plazo sobre la inversión extranjera directa (VIED). Se observa también que las variables tienen influencia a largo plazo sobre la inversión en alta tecnología (VIATA) con 1% de significancia.

Para el modelo 4, el real crecimiento económico (VPIB), también se ve influenciado a largo plazo por el resto de las variables presentes en el modelo. La inversión extranjera directa (VIED) y el índice de protección de derechos de propiedad intelectual (VIPR) se ven influenciados por el stock de capital bruto per cápita (VSCB). A su vez el stock de capital bruto per cápita (VSCB), como la importación de alta tecnología (VIATA) se ven influenciados en el largo plazo por el resto de las variables del modelo con un 1% de significancia.

Finalmente, los resultados obtenidos y expuestos anteriormente con el test de Wald, confirman la existencia de una relación de largo plazo entre la inversión extranjera directa (VIED), las importaciones de alta tecnología (VIATA), el índice de protección de los derechos de propiedad intelectual (VIPR) y el crecimiento económico (VPIB), relación que en el caso de Wald se ve presente también en el modelo 3 al reemplazar el índice de protección de los derechos de propiedad intelectual (VIPR) por la innovación (VPATR).

8 CONCLUSIONES.

Este estudio examina la hipótesis que el comercio en algunos países latinoamericanos seleccionados aumenta la innovación y el crecimiento económico, facilitando el acceso a la tecnología extranjera. También investiga la importancia de los derechos de propiedad intelectual y de las entradas de inversión extranjera directa en estos procesos y con ello complementa la literatura existente centrándose en el comercio de alta tecnología y considerando una muestra más representativa de países latinoamericanos.

Buscando aportar a los estudios realizados previamente, esta investigación consideró países de Latinoamérica con distintos grados de desarrollo, estudios anteriores analizaron la relación de variables similares en países europeos o asiáticos, habiendo un menor número de estudios enfocados o que consideren a países latinoamericanos, esto debido principalmente a que algunos de ellos registran muy pocos avances e inversión en investigación y desarrollo, lo que limita un análisis que considere dicha variable, al no existir el historial de datos suficiente respecto de ella.

El trabajo realizado analizó la cointegración de las variables relacionadas con la innovación y el crecimiento económico, esto haciendo uso del test de Pedroni (1999, 2004) y el test de Kao. Luego se obtuvieron los vectores de cointegración o relaciones de equilibrio al largo plazo, mediante estimadores FMOLS y DOLS, por último, se analizó la causalidad mediante los Test de Granger y de Wald, para el corto y largo plazo respectivamente.

El análisis busca probar que existe una relación entre la innovación y las demás variables del modelo, luego se realiza el mismo estudio para determinar la relación entre el crecimiento económico (PIB) y las demás variables exógenas de los dos modelos

planteados donde el PIB es la variable dependiente. Para esto, como primer paso se realizó un análisis de raíz unitaria que se puede apreciar en las tablas 5 y 6. Los dos test utilizados permiten obtener la misma conclusión y fueron aplicados en vista que plantean hipótesis opuestas y se pueden contrastar los resultados. En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos con el test IPS, los que indican que se debe aceptar la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria, concluyendo entonces, que las series tienen raíz unitaria y no son estacionarias.

Al incluir la tendencia temporal se aprecia que para algunas series la raíz unitaria desaparece y éstas pasarían a ser estacionarias, pese a ello, la no existencia de raíz unitaria en estos casos no afectan al estudio, considerando que los modelos utilizados en el panel no consideran una tendencia temporal. Para comprobar lo señalado anteriormente, se realiza un test de Hadri, cuyos resultados se presentan en la tabla 6, comprobando que en ambos casos, con y sin tendencia temporal, se rechaza la hipótesis nula de estacionariedad.

Teniendo conocimiento de que no existe estacionariedad en las series a nivel, es posible concluir que existen series integradas, condición necesaria pero no suficiente para que haya cointegración en el panel.

Para comprobar la existencia de cointegración en el panel, se realizaron los test de Pedroni y Kao, cuyos resultados se pueden ver en las tablas 8, 9 y 10, los que comprueban que existe al menos un vector de cointegración y con ello se demuestra la hipótesis planteada, que señala la existencia de una relación a largo plazo en las variables estudiadas.

Luego de concluir que existe una relación entre las variables presentes en los modelos, con la innovación (PATR) y el crecimiento económico (PIB); se analizó el tipo de relación presente en ellas, para ello se utilizaron 2 estimadores FMOLS y DOLS, los que entregaron resultados similares, sin embargo y en vista que DOLS fue el que entregó un mejor R^2 , se

consideró solo los resultados entregados por ese estimador para realizar el estudio de causalidad.

En la última fase del análisis y utilizando los resultados obtenidos anteriormente, se estudió la causalidad de corto y largo plazo con los métodos de Granger y Wald, concluyendo de ambos que existe una relación de causalidad de largo plazo de las variables consideradas en el modelo 4 planteado y el crecimiento económico (VPIB), relación que de acuerdo a Wald también existiría en el modelo 3 para la misma variable dependiente (VPIB).

En relación a los resultados obtenidos en estudios anteriores que sugieren que, el tamaño del mercado, la infraestructura y el nivel de protección de los derechos de propiedad intelectual, son factores importantes para explicar el tasa de innovación en países en vías de desarrollo, para el grupo acotado de países Latinoamericanos considerados en este estudio, y en base a la data obtenida para efectuar el análisis, se corrobora lo señalado solo para el caso de la infraestructura, que se muestra relevante en el corto plazo, no habiendo un comportamiento significativo en el largo plazo de ésta y de ninguna variable sobre la innovación.

Es preciso mencionar que en el caso de la innovación fue necesario excluir el stock de capital humano, equivalente al promedio de años de educación secundaria (VPAES), como variable exógena de los modelos planteados, la cual si fue considera en estudios anteriores.

En otro aspecto y de acuerdo a los estudios previos considerados en el caso de países en vías de desarrollo, el stock de capital físico (VSCB) de un país, es muy relevante en la explicación del real crecimiento económico per cápita, al igual que las importaciones de alta tecnología extranjera (VIATA), medida como el crecimiento per cápita de

importaciones de alta tecnología, lo cual se corrobora en este estudio en el corto y largo plazo, donde además, también son significativas todas las demás variables consideradas.

En términos generales, no se aprecian variables que causen un impacto negativo en la innovación en el corto o largo plazo. El índice de protección de derechos de propiedad intelectual (VIPR) junto con la importación de alta tecnología (VIATA), son variables que se visualizan como no significativas sobre la innovación, sin embargo, ocupan el segundo lugar en cuanto a impacto positivo ejercido sobre ella. Situación similar sucede en los modelos en los que la variable dependiente es el real crecimiento económico, donde el índice de protección de derechos de propiedad intelectual (VIPR) y la importación de alta tecnología (VIATA) también inciden positivamente, además de ser significantes sobre él. Este efecto positivo señala que estas variables son un factor cuyo valor incide de forma proporcional en el desarrollo económico de los países latinoamericanos considerados.

Cabe señalar, que en el grupo de países analizados, la inversión extranjera (VIED) no tiene un impacto significativo sobre la innovación, cuando se le considera como variable del modelo, esto puede deberse a que la inversión extranjera no se ve lo suficientemente reflejada y/o no es un punto de interés para los inversionistas extranjeros, también puede deberse a una reacción producto de su interacción con las demás variables consideradas en el modelo analizado.

Para futuros estudios que se realicen en este respecto, se sugiere considerar:

- La realización de un análisis aún más acotado ya sea sectorial, por zona geográfica, o por el nivel de ingresos de cada país, con ello se podrían establecer conclusiones más directamente asociadas a las políticas tomadas por el grupo específico de países en similar condición, por ejemplo, aquellos que tienen mejores ingresos versus los

que tienen menores, para con ello establecer y posteriormente desarrollar medidas que les permitan mejorar su tasa de innovación y de crecimiento.

- La posibilidad de incluir otras variables, que puedan sustituir a aquellas que se consideraron inicialmente en este estudio pero que debieron ser excluidas o que limitaron el periodo de tiempo a analizar, como fue el caso del stock de capital humano (VPAES), medido como el promedio de años de educación secundaria y el gasto en investigación y desarrollo (VGID), respectivamente. La primera variable debió excluirse del modelo producto que no existe mayor variación en los datos por año y por país. En el caso del gasto en investigación y desarrollo, no se excluyó de los modelos planteados, sin embargo, si fue necesario acotar el intervalo de tiempo a considerar, debido a la falta de registro de este dato previo a 1985 y a la ausencia, en algunos casos, de este gasto previo a ese año en algunos de los países incluidos en el estudio.
- Por último, la posibilidad de incluir nuevas variables a los modelos planteados, que se estime puedan tener incidencia en la tecnología, innovación y/o en el crecimiento económico de los países analizados.

Respecto de los países considerados y en base a los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda establecer políticas que fortalezcan los compromisos para mejorar los valores y el grado de significancia aportado por cada una de las variables analizadas y de esa forma, impulsar e incentivar las actividades asociadas a la innovación, al desarrollo tecnológico y de infraestructura, lo cual debiese verse reflejado en un mayor crecimiento económico.

Asociado a lo anterior y esperando obtener una relación de largo plazo con la innovación, se cree que si se logra alcanzar un mayor crecimiento económico, asociado al

mejor desempeño de las variables que inciden positivamente sobre él, como se mencionó anteriormente, se podría impulsar el desarrollo de la infraestructura de cada país junto con la inversión interna y externa, lo que tendría una incidencia directa en la innovación.

En base a los resultados planteados, recomendaciones y a las sugerencias para futuras investigaciones, se espera que se siga analizando y mejorando las conclusiones relacionadas con el impacto de las variables estudiadas sobre la innovación y el crecimiento económico, en vista que son sin duda como se ha podido ver en este estudio, factores que tienen una incidencia importante en el corto y en el largo plazo, en países de otros continentes como también en países latinoamericanos, dentro de estos últimos, algunos con mayor desarrollo que otros. De aquellos con mayor desarrollo y similares condiciones, es posible imitar sus buenas prácticas y para ello es necesario encontrar la fórmula adecuada, los incentivos y las normas, entre otros, con las que se logre incentivar la significancia de estos factores o variables, y con ello obtener mayor crecimiento en el futuro.

Finalmente y considerando lo anteriormente expuesto, es posible concluir que la realización de este trabajo alcanzó los objetivos esperados al obtener y desarrollar los modelos que permitieron relacionar las variables analizadas, determinando la existencia de cointegración en cada modelo y causalidad a corto y largo plazo entre variables. Por último, con los resultados obtenidos de este análisis, fue posible realizar una comparación con estudios similares realizados sobre países con mayor y similar desarrollo.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Asteriou, D. &. ((2007)). *Applied Econometrics: a modern approach using eviews and microfit*. New York: Palgrave Macmillan.
- Bardhan, P. (1995). *The contibutions of endogenous growth theory to the analysis of development problems: an assesment*. Handbook of Development Economics, vol. 3., Noth Holland, Amsterdam.
- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (Marzo de 1997). Technological diffusion, convergence and growth. *Journal of Economic Growth* 2.
- Bayarçelik, E. B. (2012). *Research and development: source of economic growth. Procedia-Social and Behavioral Sciences*.
- Becker, G. S. (1994). *The division of labor, coordination costs, and knowledge. In Human Capital:A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education (3rd Edition)*. The University of Chicago Press.
- Blümel, G. &. (2010). *Crecimiento económico, precios de la energía e innovación tecnológica*. . Libertad y desarrollo.
- Coe, D., & Helpman, E. (1995). International R&D Spillovers. *European Econmic Review*, 39, 859-887.
- Engle, R., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. *Econométrica*(35), 251-276.
- Furman, J. L., Porter, M. E., & Stern, S. (2000). *The determinants of national innovative capacity*. NBER Working Paper 7876, NBER.
- Ginarte, C., & Park, W. (1998). Determinants of patent rights: a cross-national study. *Research Policy* . (26), 183-201.
- Greene, W. (2006). *Análisis Econométrico 3ra edición*. Nueva York : Prentice Hall.

- Griliches, Z. (1984). R&D. Paterns and Productivity. *University of Chicago Press*.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1991). Innovation and Growth in the Global Economy. *MIT Press*.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1995). *Technology and Trade*. Elsevier Science B.V.
- Guellec, D., & de la Potterie, B. V. (2001). *R&D and productivity growth: panel data analysis of 16 OECD countries*.
- Gujarati, D. &. (2010). *Econometría (Quinta edición ed.)*. México D.F.: McGRAW-HILL.
- Helpman, E. (1993). Innovation, imitation and intellectual property rights. 61, págs. 1247-1280.
- Im, K., Pesaran, M., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115, págs. 53-74.
- Keller, W. (1999). *How trade patterns and technology flows affect productivity growth*. NBER. NBER Working Paper 6690.
- Kniivilä, M. (2007). Industrial development and economic growth: Implications for poverty reduction and income inequality. . *Industrial development for the 21st century: Sustainable development perspectives.*, 295-333.
- Licheng, W. (2011). *Science & Technology Input and Economic Growth: An Empirical Analysis Based on the Three Major Coastal Economic Regions of China*. Energy Procedia.
- Lucas, R. E. (22 de July de 1997). On the Mechanics of Economic Development' . *Journal of Monetary Economics*, 77, 210-249.
- Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford bulletin of economics and statistics*.(61), págs. 631–652.

- Mas, M., & Quesada, J. Fundación BBVA. (2005). *Las nuevas tecnologías y el crecimiento económico en España*.
- Morales, L. Y. (2007). "Microfinanzas en Chile, Resultados de la Encuesta de Colocaciones en Segmentos Microempresariales," . Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras, Santiago.
- Newey, W., & West, K. (1987). A simple, positive semi-definitive, heterocedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*(55), 703-708.
- Park, W. G. (2008). International patent protection: 1960–2005. Research policy . (37(4)), 761-766.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegración test in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford bulletin of economics and statistics*(61), págs. 653–670.
- Pedroni, P. (2001). *Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels*, *The review of Economics and Statistics*.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. . *The journal of political economy*, 1002-1037.
- Romer, P. M. (October de 2008). Endogenous Technological Change, Part 2 . *Journal of Political Economy* (98), 215, 216.
- Schneider, P. H. (2005). International trade, economic growth and intellectual property rights: A panel data study of developed and developing countries. *Journal of Development Economics*(78), 529-547.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Transaction publishers.
- Schwab, K. (. (2010). The global competitiveness report 2010-2011. *World Economic Forum*. Geneva.

- Şener, S. &. (2011). *The effects of science-technology-innovation on competitiveness and economic growth. Procedia-Social and Behavioral Sciences*.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, 312-320.
- Studenmund, A. H. (2001). *Using econometrics: A practical guide* (Vol. V). Boston MA: Addison Wesley.
- Wang, W. S. (2015). Framework of High-Technology Industry Innovation of China: Intellectual Property Protection and Industrial Knowledge Base. *Open Journal of Social Sciences*, 3(05), 112.
- Wooldridge, J. M. (2006). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Madrid: Parainfo.