UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONOMICAS

TESIS

TESIS

2018

JONATHAN FLORES PÉREZ

“Dinámica de transición y factores que estimulan la innovación en la región América Latina: 2006-2017”

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONOMICAS

MAESTRIA EN ECONOMIA REGIONAL

TESIS

“Dinámica de transición y factores que estimulan la innovación en la región América Latina: 2006-2017”

que se presenta como requisito parcial para obtener el
grado de Maestro en Economía Regional

Jonathan Flores Pérez

Comité evaluador:

Director: Dr. Luis Gutiérrez Flores

Co-directora: Dra. Alba Verónica Méndez Delgado

Lectora: Dra. Cely Celene Ronquillo Chávez

Saltillo, Coahuila, México
Agosto de 2018

Agradecimientos

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por permitirme llegar al término de una etapa más en mi vida profesional; la culminación de mis estudios de Maestría. Porque solo Él da al hombre la ciencia y el conocimiento.

A mis padres, Azael Flores Pineda y Consuelo Pérez Saldaña porque siempre me han inculcado el valor del estudio y la preparación académica, pero aún más, la importancia del esfuerzo, la dedicación y disciplina como principios fundamentales de todo lo que emprenda en la vida. A mis hermanos Azael, Natanael y Keila que siempre han sido y seguirán siendo parte importante de mis logros profesionales. A Norma, Génesis y Sahíd que me han enseñado el valor de la familia.

De manera especial agradezco al Doctor Luis Gutiérrez Flores, director de esta tesis por sus recomendaciones, observaciones y aportaciones académicas, pero sobre todo por sus finas atenciones durante el desarrollo del trabajo. También mi reconocimiento a la Doctora Alba Verónica Méndez Delgado Profesora-Investigadora del Centro de Investigaciones Socioeconómicas por su participación durante el proceso del documento como Co-directora del mismo. Agradezco a la Doctora Cély Celene Ronquillo Chávez Profesora-Investigadora del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por el apoyo brindado durante mi estancia de investigación en dicha Institución y por colaborar como lectora del trabajo.

A los doctores que imparten cátedra y a mis amigos del Centro de Investigaciones Socioeconómicas (CISE) por ser parte de esta experiencia. Sin duda, mi agradecimiento reconoce al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el Programa de Financiamiento del Posgrado de Calidad del CISE (CVU: 792003).

Jonathan Flores Pérez

Saltillo, Coahuila a 31 de Agosto de 2018

Índice general

Índice de Gráficas
Índice de Figuras
Índice de Cuadros

Introducción.

CAPITULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS DE LA INNOVACIÓN EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO……18
Introducción……..18
1.1 La innovación en la teoría tradicional del crecimiento económico……19
1.1.1 El enfoque clásico……20
1.1.2 El enfoque Shumpeteriano……23
1.2 La innovación en la teoría neoclásica……25
1.2.1 La función de producción……27
1.2.2 Propiedades de la tecnología……..…..28
1.2.3 El tamaño de la firma y la estructura de mercado en el proceso de la innovación tecnológica……29
1.2.4 El modelo de crecimiento exógeno de Solow……31
1.2.5 La convergencia en el modelo de crecimiento exógeno……36
1.2.6 La dinámica distributiva de Quah……..37
1.3 La innovación en la teoría del crecimiento endógeno……44
1.3.1 Supuestos de los modelos de crecimiento endógeno……46
*1.3.1.1 La tecnología como un bien no rival……..……*46
*1.3.1.2 Competencia imperfecta……..*47
*1.3.1.3 Derrames tecnológicos……*48
1.3.2 El modelo más simple de crecimiento endógeno: tecnología AK……50
1.3.3 Capital Humano……52
1.3.4 Inversión en I+D……...…56
1.3.5 La convergencia en los modelos de crecimiento endógeno……57
1.4 Comentarios finales……58

CAPITULO 2. ASPECTOS CONCEPTUALES, CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES EMPÍRICOS DE LA INNOVACIÓN EN AMÉRICA LATINA……59
Introducción……..59
2.1 El contenido y las facetas de la innovación……..61
2.1.1 Concepto de innovación……61
2.1.2 Principales tipos de innovación……....62
2.1.3 Características sectoriales de la innovación……63
2.1.4 Redes regionales de innovación……65
2.2 Desempeño comparativo de la innovación en América Latina……....66
2.2.1 Panorama de la educación superior.....67
2.2.2 Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D).....73
2.2.3 Capital humano para la I+D.....79
2.2.4 Conocimiento y resultados de la innovación……..…82
2.3 Antecedentes empíricos sobre la innovación en América Latina……..85
2.3.1 Innovación como determinante……..…85
2.3.2 Determinantes de la innovación……...…88
2.4 Comentarios finales……93

CAPITULO 3. METODOLOGÍAS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES……...94
Introducción……..94
3.1 Cadenas de Markov……96
3.1.1 Definiciones y propiedades ……96
3.1.2 Vector de probabilidades de estado estacionario……...93
3.1.3 Clasificación de los estados en una Cadena de Markov……..…94
3.1.4 Funciones de densidad……...100
3.2 Modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM)……..104
3.2.1 Estacionariedad y raíces unitarias……..105
3.2.2 Cointegración ……107
3.2.3 Modelo de Corrección del Error Vectorial……..111
3.3 Base de datos e información disponible……..……114
3.3.1 Innovación……...……116
3.3.2 Apertura Comercial……...117

3.3.3 Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D)……118
3.3.4 Capacidad de innovación……..……..119
3.3.5 Educación superior y capacitación……..…..119
3.3.6 Absorción de tecnología a nivel empresa……..120
3.3.7 Protección a la propiedad intelectual……..120
3.4 Comentarios finales……...121

CAPITULO 4. DINÁMICA DE TRANSICIÓN DE LA INNOVACIÓN EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA: 2006-2017……123
Introducción……...123
4.1 La distribución de la innovación en América Latina……....125
4.2 Dinámica de transición del Sub-periodo 2006-2010……..….132
4.3 Dinámica de transición del Sub-periodo 2010-2014……..…….135
4.4 Dinámica de transición del Sub-periodo 2014-2017…….…..141
4.5 Dinámica de transición del Sub-periodo 2006-2017……..….146
4.6 Comentarios finales……...151

CAPITULO 5. FACTORES QUE ESTIMULAN LA INNOVACIÓN EN LOS PAISES DE AMÉRICA LATINA: 2006-2017……154
Introducción……154
5.1 Análisis descriptivo de las variables ……157
5.2 Pruebas de raíz unitaria……..……159
5.3 Prueba de cointegración de Engle-Granger……163
5.4 Estimación e inferencia sobre vectores cointegrantes de panel ……..165
5.5 Procedimiento de cointegración de Johansen……168
5.6 Estimación del Modelo de Corrección del Error Vectorial……..…169
5.7 Comentarios finales……..……175

CONCLUSIONES GENERALES

Bibliografía

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB, 2015….10

Gráfica 2. Participación poblacional sobre el total mundial representado por regiones administrativas de la UNESCO……...11

Gráfica 3. Participación económica medido por el Producto Bruto Mundial en dólares constantes del 2000 representada por regiones administrativas de la UNESCO……11

Gráfica 4. Participación territorial sobre la superficie mundial representada por regiones administrativas de la UNESCO……..11

Gráfica 5. Gasto en I+D como porcentaje del PIB, 2015……12

Gráfica 2.1 Composición del gasto en innovación……..65

Grafica 2.2 Títulos de licenciatura, 2015 (o último año disponible) como porcentaje de todos los nuevos títulos……...69

Gráfica 2.3 Número total de doctorados por cada 100,000 habitantes, 2015……70

Gráfica 2.4 Países seleccionados: Distribución porcentual del número total de doctorados en la región, 2015……71

Gráfica 2.5 Gasto en I+D como porcentaje del PIB, 2006 (o año más cercano disponible) y 2015 (o año más reciente disponible)……..…73

Gráfica 2.6 Participación en el gasto en I+D expresada como porcentaje del gasto total en I+D en América Latina, 2015 (medido en millones de PPP).……75

Gráfica 2.7 Gasto en I+D por fuente de financiamiento, 2015 (o ultimo año disponible)……..76

Gráfica 2.8 Gasto en I+D por sector de ejecución, 2015 (o ultimo año disponible)……..77

Gráfica 2.9 Gasto en I+D por tipo de investigación, 2015 (o ultimo año disponible)……..78

Gráfica 2.10 Investigadores por cada 1,000 integrantes de la fuerza laboral en 2006 (o año más cercano disponible) y 2015 (o último año disponible)……..79

Gráfica 2.11 Porcentaje de Investigadores por sector de empleo, 2015 (o último año disponible)……..…80

Gráfica 2.12 Porcentaje de Investigadores por disciplina científica, 2015 (o último año disponible)……..81

Gráfica 2.13 Distribución porcentual de la producción científica en SCOPUS y SCI, 2015……82

Gráfica 2.14 América Latina: participación de laboratorios con más de 100 publicaciones científicas, 2018……...83

Gráfica 2.15 América Latina: número de solicitudes de patentes (residentes y no residentes), 2006-2015……....84

Gráfica 5.1 Elasticidades de las variables de innovación. Variación del índice de innovación frente a un incremento del 10% en cada variable explicativa…….173

Índice de Figuras

Figura 1.1 Dinámica de la distribución: dos picos emergentes…….40

Figura 1.2 Densidad Kernel estocástica……41

Figura 1.3 Representación de los costos medios y marginales……....48

Figura 3.1 Función de densidad……...101

Figura 3.2 Función de densidad Kernel Bivariante……...102

Figura 3.3 Formas distintas de la función de densidad……103

Figura 3.4 Representación geométrica del coeficiente de corrección del error...113

Figura 4.1 Función de densidad Kernel, 2006-2010…….134

Figura 4.2 Función de densidad Kernel, 2010-2014…….138

Figura 4.3 Distribución del vector de estado estacionario 2010-2014……...140

Figura 4.4 Proporción de los países según su estado inicial y estado estacionario 2010-2014…….141

Figura 4.5 Función de densidad Kernel, 2014-2017…….143

Figura 4.6 Distribución del vector de estado estacionario 2014-2017……...144

Figura 4.7 Proporción de los países según su estado inicial y estado estacionario 2014-2017…….146

Figura 4.8 Función de densidad Kernel, 2006-2017…….148

Figura 4.9 Distribución del vector de estado estacionario 2006-2017……...150

Figura 4.10 Proporción de los países según su estado inicial y estado estacionario 2006-2017…….151

Índice de Cuadros.

Cuadro 1.1 Diferencias fundamentales entre la aportación neoclásica y la del crecimiento endógeno……...45

Cuadro 2.1 Universidades de América Latina incluidas dentro de los primeros 400 puestos en el ranking mundial…….72

Cuadro 4.1 Transición de la innovación en los países de América Latina……129

Cuadro 4.2 Vector de estado inicial 2006……...…132

Cuadro 4.3 Matriz de Transición 2006-2010……..133

Cuadro 4.4 Matriz de segundo estado de transición, 2006-2010…….....135

Cuadro 4.5 Vector de estado inicial 2010…….……..136

Cuadro 4.6 Matriz de Transición 2010-2014……..137

Cuadro 4.7 Matriz de segundo estado de transición, 2010-2014…….....138

Cuadro 4.8 Probabilidades de estado estacionario 2010-2014……..…139

Cuadro 4.9 Vector de estado inicial 2014…….……..141

Cuadro 4.10 Matriz de Transición 2014-2017…….……..142

Cuadro 4.11 Matriz de segundo estado de transición, 2014-2017……..…….....144

Cuadro 4.12 Probabilidades de estado estacionario 2010-2014……..…..…144

Cuadro 4.13 Matriz de Transición 2006-2017…….……..147

Cuadro 4.14 Matriz de segundo estado de transición, 2006-2017……..…….....149

Cuadro 4.15 Probabilidades de estado estacionario 2006-2017……..…..…149

Cuadro 5.1. Estadísticas descriptivas de la base de datos……..…158

Cuadro 5.2. Raíces unitarias de panel solo con intercepto (en niveles)……160

Cuadro 5.3. Raíces unitarias de panel con intercepto y tendencia (en niveles)..161

Cuadro 5.4. Raíces unitarias de panel sin intercepto ni tendencia (en niveles)..161

Cuadro 5.5. Raíces unitarias de panel solo con intercepto (en primeras diferencias)……...162

Cuadro 5.6. Raíces unitarias de panel con intercepto y tendencia (en primeras diferencias)……...162

Cuadro 5.7. Raíces unitarias de panel sin intercepto ni tendencia (en primeras diferencias)……...162

Cuadro 5.8. Modelo de Largo Plazo de Engle-Granger……..…164

Cuadro 5.9. Pruebas de raíces unitarias para los residuales del MCO…….165

Cuadro 5.10 Pruebas de cointegración a relaciones bivariadas…….167

Cuadro 5.11. Pruebas de cointegración de Johansen…….169

Cuadro 5.12. Resultados de estimación del modelo VECM……172

Introducción

En un medio ambiente internacional caracterizado por enfrentar reiteradas crisis económicas se vuelve trascendental el rol que desempeña la innovación como factor potencial del desarrollo regional. Economistas y académicos destacan el importante papel de la capacidad tecnológica de los países para incentivar la competitividad y el crecimiento económico (Correa, 2002). Por ello, las inversiones que promueven la creatividad humana y el desarrollo tecnológico se tornan atractivas para conducir el crecimiento y progreso de las naciones.

Desde la década de los noventa con el surgimiento de la teoría del crecimiento endógeno, el papel de la innovación retomó un lugar importante al considerase un elemento endógeno al sistema económico (Romer, 1986; Lucas, 1988 y Aghion y Howitt, 1992). De esta forma, la incorporación de la tecnología en el proceso productivo es reconocida como uno de los principales medios para alcanzar adecuados niveles de crecimiento y desarrollo económico, pero también es un elemento determinante en las mejoras de los estándares de innovación (Germán-Soto y Gutiérrez, 2013).

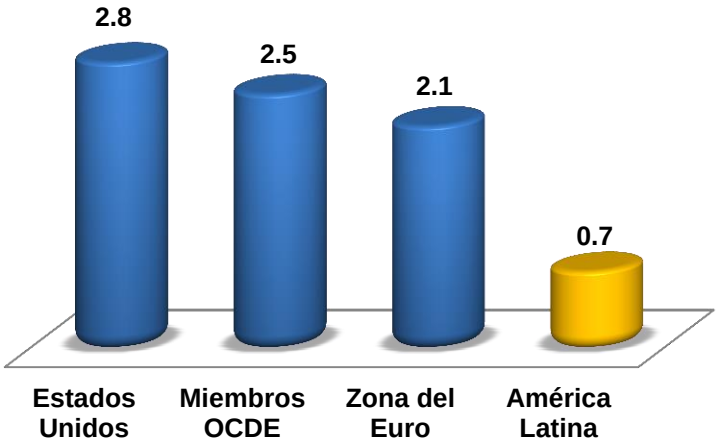
Dada la importancia que ha desempeñado la innovación en el desarrollo de las economías en las últimas décadas, se ha posicionado en el centro de los temas relevantes de los investigadores de las ciencias económicas así como en la formulación de las políticas públicas de los gobiernos. No obstante, dadas las brechas tecnológicas de los países y regiones en el mundo, se reflejan diferencias importantes en la generación, gestión, difusión, apropiación y aplicación de la innovación, relacionadas a las características propias del entorno en que se desempeñan.

Por ello, es importante examinar el contexto, las capacidades y las particularidades tecnológicas de las regiones para entender los procesos de innovación ya que finalmente el impacto de cada una tendrá efectos diferenciados en el crecimiento según las propias características de las regiones.

De acuerdo con Montoya (2004) la innovación científica y tecnológica es el mecanismo capaz de hacer que el crecimiento y el desarrollo económico de los países subdesarrollados puedan acelerarse, inclusive podría sacarlos de la condición de subdesarrollo. Por ello es relevante analizar el proceso de innovación en las regiones formadas mayormente por países subdesarrollados ya que paradójicamente no obstante de la importancia de la innovación en el crecimiento de las economías, las inversiones en esta materia en algunas regiones del mundo siguen siendo escazas y en algunos casos nulas.

Bajo esta perspectiva se analiza la región Latinoamericana la cual posee una débil estructura de innovación para generar su propio progreso tecnológico. Estadísticas del Banco Mundial muestran que en 2015 América Latina apenas invertía el 0.7 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) en investigación y desarrollo (I+D), muy por debajo del 2.8 por ciento de los Estados Unidos y del 2.5 por ciento de los miembros de la OCDE (Gráfica 1). Lo anterior evidencia el pobre desempeño en los esfuerzos en innovación que predomina en la región.

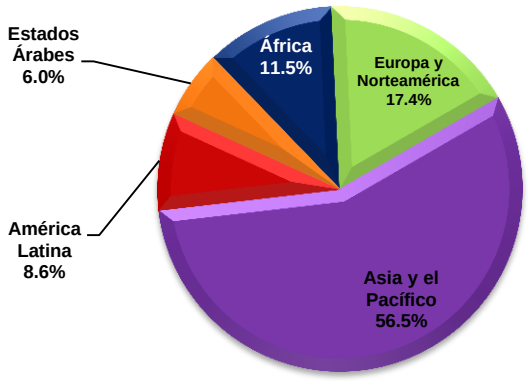
Gráfica 1. Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB, 2015.



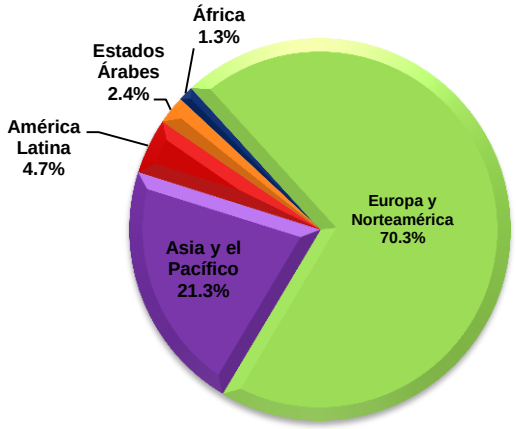
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial. *Indicadores del Desarrollo Mundial.*

Lemarchand (2010) construyó una forma particular de comparar las diferencias de la inversión en I+D de la región mediante el peso que representa según su participación territorial, económica y poblacional respecto al promedio mundial. En este sentido, muestra que América Latina está muy por debajo de la fracción que le correspondería al tener aproximadamente el 8.6 por ciento de la población mundial; el 5 por ciento del PIB en el mundo y ocupa el 13.7 por ciento de la fracción de la superficie terrestre (Gráficas 2, 3, y 4). Por ello, se insiste en que la inversión en ciencia, tecnología e innovación ha sido insuficiente en la región o no se ha realizado particularmente bien (BID, 2010:5).

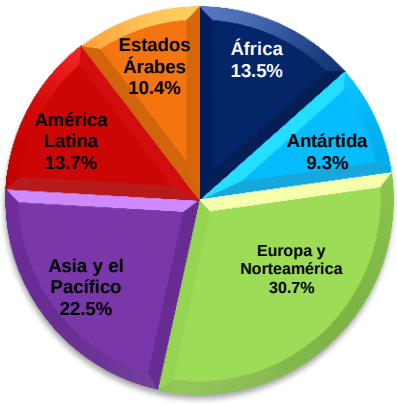
Gráfica 2. Participación poblacional sobre el total mundial representado por regiones administrativas de la UNESCO.



Gráfica 3. Participación económica medido por el Producto Bruto Mundial en dólares constantes del 2000 representada por regiones administrativas de la UNESCO.



Gráfica 4. Participación territorial sobre la superficie mundial representada por regiones administrativas de la UNESCO.

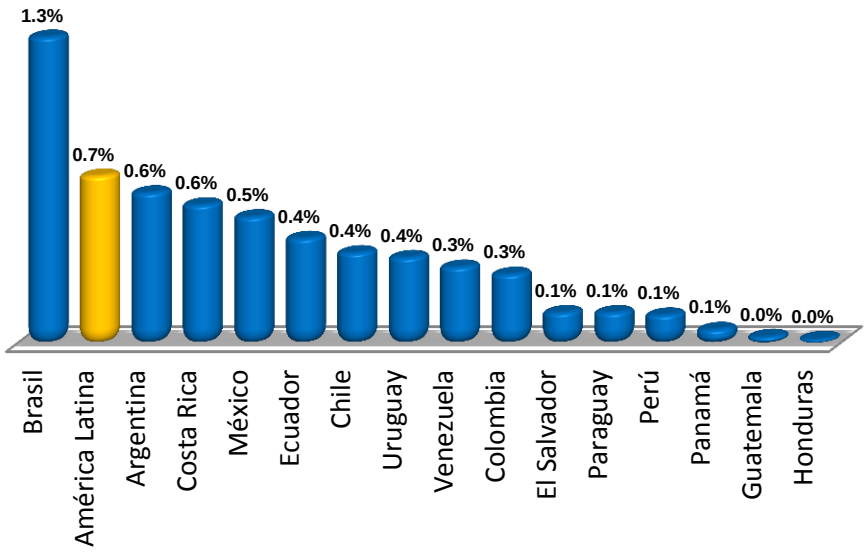


Fuente: Elaboración propia con información de Lemarchand (2010), Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe.

Por si fuera poco, los bajos niveles de innovación que prevalecen no es una preocupación aislada; adicionalmente existe un problema al interior de la región que la caracteriza como la más desigual del mundo. Existe una marcada desigualdad en materia de innovación entre los países que la componen; mientras Brasil destina más del 1 por ciento del PIB al gasto en I+D, Guatemala y Honduras no alcanzan el 0.1 por ciento (Gráfica 5). Sobre lo anterior, el Banco Interamericano de Desarrollo (2011) destaca que a diferencia de las economías desarrolladas donde la mayoría de los países continúa aumentando la inversión en innovación tecnológica, en América Latina las iniciativas para mejorar esta inversión se concentran en unos pocos países.

Rivas y Rovira (2014) argumentan que a pesar de que en los últimos años se han presentado avances en materia de institucionalidad en I+D, esta ha sido muy heterogénea, y aún en muchos casos los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) se encuentran en etapas incipientes de desarrollo. Mientras que algunos países cuentan con un amplio abanico de instrumentos (Argentina, Brasil, Chile, México y Uruguay), otros se concentran en un par de elementos (El Salvador o Guatemala).

Gráfica 5. Gasto en I+D como porcentaje del PIB, 2015.



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Una particularidad que distingue a las regiones con bajos o escasos niveles de innovación es que entre éstas coinciden en sus características empresariales y de mercado. Pavit (1984) argumenta que estas regiones tienen una baja densidad empresarial con gran predominio de micro y pequeñas empresas en sectores tradicionales con personal poco calificado. Además cuentan con un pequeño sistema productivo local para constituir cadenas productivas competitivas (entendidas como concentraciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas en una esfera de actividad específica), careciendo de la densidad institucional necesaria para el desempeño de redes de aprendizaje interactivo.

En este sentido el pobre esfuerzo que se realiza en materia de innovación parece explicar ciertos desafíos importantes que enfrenta la región: (1) los bajos niveles de crecimiento económico; (2) una heterogeneidad tecnológica que no favorece la convergencia entre los países que la conforman y (3) la escases de estudios sobre la identificación y priorización de los factores determinantes de la innovación. Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación está orientado a la identificación de grupos con características similares de innovación y la evaluación de los factores que estimulan esta actividad en los países de América Latina.

En la primera parte metodológica del trabajo se analiza la dinámica de distribución de la innovación en los países de la región utilizando los índices de innovación obtenidos de la Base de Datos Histórica del Foro Económico Mundial. Se examina si en el periodo 2006-2017 el proceso dinámico de distribución de la innovación en la región tiene un patrón que apunta hacia la convergencia, o si por el contario presenta un comportamiento heterogéneo, por lo que se formulan las siguientes hipótesis: ***[1] a partir del desempeño en materia de innovación en los últimos años la dinámica distribucional de la misma tiene un comportamiento heterogéneo en los países de la región; y [2] la dinámica de la innovación permite observar la formación de grupos con características similares haciendo más grande la divergencia en este entorno entre los países de la región en los últimos años.***

Para probar estas hipótesis se utilizan las Cadenas de Markov y las funciones de densidad kernel, técnicas no paramétricas que permiten observar el comportamiento de los países en el tiempo, es decir, la forma en que transitan de una posición a otra. Esta dinámica facilita percibir si la distribución de la innovación converge a un punto, si se polariza o se estratifica. La polarización indica la formación de dos grupos de economías (mientras en un punto convergen las economías con mayores niveles de innovación, las que tienen menores lo hacen en otro punto). La estratificación implica el surgimiento de los clubes de convergencia, es decir, existen varios puntos en donde se forman grupos de economías con niveles similares de innovación.

Cabe hacer mención que en el debate sobre convergencia es común utilizar el ingreso per cápita como variable dependiente. Diversos estudios han presentado evidencia en favor de la convergencia afirmando que el ingreso per cápita y el producto en los estados pobres tienden a crecer más rápido que en los estados ricos (Barro y Sala-i-Martin, 1990). Bajo la misma temática, Quah (1993a) no solo analiza la convergencia neoclásica que verifica el tiempo en que se presenta la convergencia sino que va más allá y estudia la movilidad del ingreso indicando hacia qué punto se está transitando. Sin embargo, la convergencia desde esa perspectiva no permite visualizar la heterogeneidad que prevalece en los países y regiones del mundo en cuanto a la innovación, por lo que se retomó la metodología propuesta por Quah utilizando por primera vez la variable innovación para analizar la dinámica y movilidad en la región América Latina.

Con lo anterior será posible identificar clubes de innovación, que a su vez, permitirá la formulación de políticas adecuadas para cada conjunto de economías según su estructura de innovación. En otros contextos se han detectado problemas derivados de una mala aplicación de políticas públicas en ciencia y tecnología porque la promoción de las mismas se ha realizado sin considerar las características propias de una economía. En este sentido, la región América Latina tiene un gran reto: huir de la implementación de políticas miméticas, diseñadas en contextos más avanzados, y plantear instrumentos de fomento más acordes con

las capacidades y especificidades del contexto de América Latina. Por ello es importante promover una auténtica reflexión latinoamericana en torno a la ciencia, la tecnología y la innovación y contextualizar las teorías y enfoques explicativos derivados de experiencias extrarregionales (Vega-Jurado, 2011).

La segunda parte metodológica de la investigación está enfocada en determinar las variables que influyen significativamente en el nivel de innovación de la región en el periodo 2006-2017. Se propone la estimación de un Modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM) que recoge la relación de equilibrio de las variables a través de un panel de datos compuesto por 17 secciones de corte transversal correspondientes a los países de América Latina. Como variables explicativas se consideran: la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual; todas obtenidas de la Base de Datos Histórica del Foro Económico Mundial. Las variables fueron seleccionadas después de una revisión de los trabajos empíricos especializados en aportar al campo de los determinantes de la innovación.

Con este propósito se formula la tercera hipótesis: ***En los países de América Latina, la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual tienen una relación de equilibrio de largo plazo y por lo tanto inciden positiva y significativamente en el nivel de innovación de la región.***

No obstante, no solo es importante saber si las variables explicativas mantienen una relación positiva con la innovación; también debe de examinarse el impacto que cada una de estas representa. Según la literatura, la I+D desempeña un importante papel en los países que tienen actividades productivas de alta tecnología, mientras que la adopción del conocimiento y tecnología podría traer mayores beneficios en los países con sectores de bajo contenido tecnológico. Si se tienen en cuenta que en la región, las actividades productivas cuentan con un volumen de tecnología extremadamente bajo y además se considera la destacada

relación del capital humano para fomentar las actividades de innovación; entonces se esperarían impactos diferenciados en las variables explicativas destacando el efecto de la variable formación en educación superior y absorción de tecnología a nivel empresa. De esta manera se plantea la hipótesis: ***[3a] En los países de América Latina el impacto en la innovación de un aumento en la formación en educación superior y la absorción de tecnología es superior al efecto que presentan el resto de las variables.***

El estudio contribuye en primer lugar en la utilización de una técnica no paramétrica al análisis de la convergencia. Las Cadenas de Markov y funciones de densidad permitieron analizar la dinámica de distribución de la innovación de la región. No existe un trabajo en la literatura que estudie el comportamiento de transición de la innovación en las economías de América Latina. Por lo que se considera que los resultados de la primera parte de trabajo son muy importantes en la identificación de países con características similares de innovación, los cuales pueden ser considerados para la implementación de políticas adecuadas a sus respectivas estructuras de innovación.

En segundo lugar, en responder cómo el índice de innovación de los países de la región Latinoamericana se explica principalmente por el capital humano, la absorción de tecnología, el gasto en I+D y, en menor medida por la protección a la propiedad intelectual, la capacidad de innovación y la apertura comercial; en este contexto se verificó que el efecto y dirección del impacto de dichas variables está en sintonía con las predicciones teóricas.

En tercer lugar, en la realización de la metodología utilizada en la segunda parte del trabajo ya que se analizan los determinantes de la innovación en América Latina con un Modelo de Corrección de Errores, metodología que es muy escaza en las investigaciones que se han realizado para este cometido en la región. Este modelo a diferencia de los convencionales muestra el efecto de largo plazo y los desequilibrios en el corto plazo de la variable dependiente.

Por otro lado, los trabajos empíricos aplicados al campo de los determinantes de la innovación se han remitido a examinar un país en específico. Particularmente destacan trabajos que estudian el caso de economías que están asociadas en un acuerdo o tratado comercial, también se encuentran aplicaciones empíricas que han examinado individualmente a ciertos países, por lo que es difícil encontrar un análisis empírico para la muestra que aquí se contempla.

Una aportación fundamental que resulta de esta investigación es la introducción de la variable apertura comercial como determinante de la IED. Se comprobó que esta variable tiene un efecto positivo y significativo aunque su impacto es menor que el resto de las variables. Es decir, aunque la apertura es significativa existen otros factores más importantes en cuanto al impacto que generan en la innovación como el capital humano, la absorción de tecnología a nivel empresa y el gasto en I+D. Finalmente se destaca el periodo resiente de este estudio el cual abarca la dinámica económica y tecnológica de los últimos doce años (2006-2017).

La estructura del trabajo es la siguiente. En el primer capítulo se encuentra la revisión teórica de la innovación en el crecimiento. El segundo capítulo está dedicado a la contextualización de la innovación en la región así como la revisión de trabajos empíricos sobre de los determinantes de la innovación y la innovación como determinante en distintos países de América Latina para diferentes periodos. Un tercer capítulo contempla la descripción detallada de las metodologías que se utilizan en el trabajo y la descripción de las variables contenidas en el mismo. En el capítulo cuatro se prueban las primeras dos hipótesis de la investigación con la metodología de cadenas de Markov. Se analiza la dinámica de transición y distribución de la innovación en el periodo 2006-2017 para la región. El capítulo cinco contiene el análisis de los factores que estimulan la innovación en los países de América Latina para el mismo periodo haciendo uso del Modelo de Corrección de Errores donde se prueban las dos hipótesis restantes. Finalmente se presentan las conclusiones generales de esta investigación.

Capítulo 1.

Aspectos teóricos de la innovación en el crecimiento económico.

Introducción

Este capítulo presenta una revisión de la literatura asociada al papel de la innovación tecnológica en el crecimiento económico. El Objetivo es mostrar los elementos teóricos que sustentan la presente investigación. El capítulo se divide en tres grandes secciones; en la primera se examina la teoría tradicional del crecimiento económico en donde se presentan los argumentos teóricos de los principales autores clásicos: Adam Smith (1776) y David Ricardo (1817). En el marco de la misma sección se presenta la contribución de Joseph A. Schumpeter (1911) quien sienta las bases de la actuación de la innovación como detonador del crecimiento.

La segunda sección está enfocada en la explicación del modelo neoclásico del crecimiento exógeno enfatizando en el papel del progreso técnico. Se parte de supuestos importantes que dan paso al modelo de Solow (1957) el cual resulta relevante en la presente investigación dado que éste ha generado por años la discusión sobre la convergencia económica que ha dado lugar a otras metodologías alternativas y de la cuales se hace uso de una de estas en la primera parte de este trabajo. Bajo la misma sección, se dedica un apartado para discutir uno de los supuestos más importantes que sustenta la teoría neoclásica del crecimiento exógeno, a saber, la convergencia. Posteriormente se revisa la dinámica distributiva de Quah (1993, 1996a, 1996b y 1997) para objetar con sólidos argumentos y agregar nuevos elementos a la hipótesis neoclásica de convergencia económica.

Finalmente se desarrolla una descripción de los principales postulados de la teoría del crecimiento endógeno, donde se analizan algunos modelos propuestos principalmente en trabajos de Romer (1986 y 1990), Lucas (1988), Rebelo (1991), Freeman (1993) y Grossman y Helpman (1994). En estos enfoques se flexibilizan algunos de los supuestos neoclásicos destacando el importante papel de los derrames de conocimiento, el capital humano, la inversión en I+D y la apertura comercial lo que sin duda genera un cambio en el estudio del conocimiento tecnológico y su influencia sobre el crecimiento económico.

1.1 El papel de la innovación tecnológica en la teoría tradicional del crecimiento económico.

1.1.1 El enfoque clásico

Dado que el conocimiento tecnológico prevaleció en la mesa de discusión de los economistas clásicos se vuelve fundamental abordar la relación de este conocimiento en el desarrollo de la sociedad desde esta perspectiva. Cabe resaltar que el periodo clásico del pensamiento económico comienza desde la aparición de la obra más importante de la ciencia económica realizada por Adam Smith en 1776 *"Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de*

las naciones" hasta la muerte de John Stuart Mill en 1873 (Ekelund y Hébert, 2005).

En este periodo los principios que sostenían el pensamiento económico se basaban en la creencia de la libertad económica (*laissez faire*), así como en la inclinación hacia los factores que alentaban el crecimiento económico de las naciones. Por ello, en este apartado se consideran las aportaciones de los principales pensadores de la escuela clásica: Adam Smith (1776) y David Ricardo (1817).

Adam Smith, considerado el padre de la economía planteó la conocida discusión sobre la división del trabajo como punto de partida de su teoría del crecimiento económico. En tal planteamiento muestra algunas de las causas del avance tecnológico destacando las siguientes: **[1]** un aumento en la habilidad y destreza de cada trabajador, **[2]** un ahorro significativo de tiempo, dado que cada trabajador se concentra en una sola actividad y **[3]** la invención de un gran número de máquinas que facilitan y abrevian el trabajo. En este último punto, Smith (1776) argumenta que para alcanzar un objetivo los trabajadores son más propensos a descubrir nuevos métodos que les permita realizar la actividad de forma más rápida y fácil cuando su mente se concentra en una sola actividad que cuando reparte su trabajo en una serie de actividades.

Es evidente que aunque Smith basó su planteamiento en una economía en etapas incipientes de innovación relacionó positivamente la división del trabajo con la capacidad innovativa de los trabajadores, de forma tal que en su obra puede leerse el siguiente fragmento:

> *"… En las primeras máquinas de vapor se empleaba permanentemente a un muchacho para abrir y cerrar alternativamente la comunicación entre la caldera y el cilindro, según el pistón subía o bajaba. Uno de estos muchachos, al que le gustaba jugar con sus compañeros, observó que si ataba una cuerda desde la manivela de la válvula que abría dicha comunicación hasta otra parte de la máquina, entonces la válvula*

> *se abría y cerraba sin su ayuda, y le dejaba en libertad para divertirse con sus compañeros de juego. Uno de los mayores progresos registrados en esta máquina desde que fue inventada resultó así, un descubrimiento de un muchacho que deseaba ahorrar su propio trabajo...”*
>
> (*La riqueza de las naciones 1776*, p. 16)

Así como señaló las causas del conocimiento tecnológico también planteó algunas consecuencias al afirmar que cuando cada trabajador se vuelve más experto en su propia actividad, más trabajo se desarrolla en conjunto. De esta forma, la producción multiplicada de todos los oficios que componen la economía derivada de la división del trabajo, da lugar, en una sociedad bien gobernada, a la riqueza universal que se extiende hasta las clases más bajas de la sociedad (Smith, 1776). Así, Smith planteó que el avance en el conocimiento tecnológico resultado de la división del trabajo podría llevar al crecimiento de la economía y en última instancia al bienestar de la población. Si bien, el padre de la economía reconoce al trabajo como fuente de toda riqueza, también orientó su interés en los adelantos en la maquinaria y la manera en que la división del trabajo podría incentivar las invenciones para facilitar el trabajo.

Bajo la misma línea en 1799 David Ricardo, economista sobresaliente de la escuela clásica del pensamiento económico tomó la *Riqueza de las Naciones* de Adam Smith y pronto quedó asombrado por su contenido. Años más tarde comenzó a tratar cuestiones económicas en folletos y en la prensa, ocupación que poco después se convertiría en una dedicación intelectual consumada en su obra *Principios de economía política y tributación (1817)* (Ekelund y Hébert, 2005).

Como Smith, David Ricardo tomó en cuenta el cambio tecnológico para explicar los factores que incentivan el crecimiento, no obstante, argumentaba que la innovación generaba un desempleo temporal. Este planteamiento lo basó en el sentido que el uso de nueva maquinaria beneficiaría al terrateniente y al capitalista, pero el trabajador resultaría perjudicado en el corto plazo dado que la

parte del capital que se destinó a la mejora e introducción de nuevas maquinarias representa una deducción de la parte destinada a los salarios de los trabajadores.

Si bien, esto podría darse en el corto plazo, Ricardo pensaba que el efecto a largo plazo de la introducción de maquinaria podría ser más favorable debido a que el capitalista puede invertir más, lo que le permitirá volver a dar empleo a la población redundante. Por consiguiente, es probable que el desempleo tecnológico sólo sea un problema a corto plazo para los trabajadores (Brue y Grant, 2009).

Es de suma importancia concluir este apartado resaltando que si bien los economistas clásicos trataron al cambio tecnológico como un elemento secundario, no dejaron de lado la importancia del mismo ya que fueron testigos del génesis de la revolución industrial y el impacto que significó la invención y los adelantos técnicos en la industria de la época, a saber la textil. Sobre esto John D. Bernal escribió el siguiente texto:

> *"Con todo, la revolución industrial no tuvo propiamente su origen en el desarrollo de la industria pesada y de los transportes, sino que provino directamente, como no podía menos, del desenvolvimiento de la industria que ocupaba entonces la posición principal, tanto en Inglaterra como en otros países, o sea, de la industria textil".*
>
> (*La ciencia en la historia 1979,* p. 488)

1.1.2 El enfoque Schumpeteriano

La obra de Schumpeter, *"Teoría del desenvolvimiento económico" (1976)* sienta las bases en cuanto al papel de la innovación en el crecimiento económico; sostiene que solo la innovación hace posible el aumento del valor agregado bruto nacional. En su análisis, parte de una economía en equilibrio que carece de cambios, sin embargo, se presentan *"interrupciones de equilibrio"* que provienen de la capacidad innovativa de los empresarios, transformando esa situación

estática en el proceso dinámico del desarrollo económico, ya que tales intercepciones propician el crecimiento económico.

Bajo esta perspectiva, Schumpeter (1976) considera al empresario como un agente activo en el progreso económico a través de la implementación de innovaciones que se pueden expresar en distintas maneras:

- La introducción de un nuevo bien (refiriéndose a la obtención de un nuevo producto con el cual los consumidores no estén familiarizados), o el mejoramiento en la calidad de un bien.
- La introducción de un nuevo método de producción (no es necesario un descubrimiento nuevo desde el punto de vista científico) que puede consistir simplemente en una forma nueva de manejar comercialmente una mercancía.
- La apertura de un nuevo mercado, es decir, uno no explorado por la rama especifica de determinado país, a pesar de que dicho mercado existiera anteriormente.
- Abrirse a nuevas fuentes de aprovisionamiento de materias primas o de bienes manufacturados, hayan existido o no con anterioridad.
- La creación de una nueva organización de cualquier industria como un monopolio o su misma destrucción (Schumpeter, 1976. p, 77).

También establece una diferencia entre innovación e invención, sosteniendo que la primera va más allá que la segunda, ya que si la invención no se pone en práctica, nunca se convertirá en innovación. Según Schumpeter, la invención se convierte en innovación sólo cuando se aplica a los procesos industriales (Brue y Grant, 2009).

De la misma forma, para el autor, las personas actúan como empresarios solo cuando introducen nuevas combinaciones (innovan) pero pierden este calificativo cuando dejan de hacerlo y se han dedicado a la administración de su negocio (Ekelund y Hébert, 2005).

Así pues, Schumpeter argumenta que el proceso de innovación consiste en el desarrollo de nuevas formas de producción introducidas por la creatividad del empresario, por lo tanto las empresas nuevas serán elementos clave para incentivar el crecimiento, en este sentido, la ventaja competitiva de las empresas solo se sostiene con la innovación permanente y la capacidad que estas adquieran para llevarla a cabo.

Por otro lado, el término destrucción creativa es retomado por Schumpeter como el elemento central del capitalismo el cual describe como un sistema de producción dinámico en constante evolución y periódicamente dominado por oleadas de innovación. El actor principal es el empresario innovador; por lo que el concepto "destrucción creativa" está fuertemente relacionado con la capacidad trasformadora del empresario; un individuo capaz de sistematizar ideas e implementarlas. Por lo general es el productor quien inicia el cambio económico, educando incluso a los consumidores si fuera necesario; les enseña a necesitar nuevas cosas, o cosas que difieran en algún respecto de las ya existentes (Schumpeter 1976: 76)

No obstante, es importante señalar que para Schumpeter el concepto *"empresario"* no solo se refiere aquellas personas dueñas del capital sino más bien propone que el concepto de empresario sea modificado, para incluir a todo aquel individuo que imita, adapta o modifica alguna innovación existente (Nafziger, 2006: 396).

Bajo este contexto, el autor sostiene que la economía es un proceso histórico que actúa construyendo y destruyendo no sólo lo relacionado con aspectos económicos sino también en el entorno cultural. De esta manera la innovación destruye lo tradicional y crea nuevos mecanismos y procesos que aunque principalmente son aplicados en el ámbito de la economía, también puede extenderse a sus consecuencias morales, culturales y sociales.

Es decir, mediante mecanismos de "innovación", las empresas desechan lo tradicional o "antiguo" y crean nuevas técnicas y productos. Es, por un lado, un

proceso de destrucción, pues se introducen innovaciones que quienes no sean capaces de adaptar serán eliminados del mercado y, por otro lado, conlleva a la creación de nuevos beneficios en los esquemas productivos de la economía (Arteaga, 2013).

Por lo tanto, si consideramos textualmente las siguientes líneas con las que Schumpeter concluye su obra, la destrucción creativa es el complemento necesario de una nueva construcción:

> *"Pero ninguna terapéutica podrá obstruir permanentemente el gran progreso social y económico, por el cual se hunden en la escala social para desaparecer finalmente las empresas, posiciones individuales, formas de vida, valores culturales e ideales. En una sociedad con propiedad privada y libre competencia, este proceso es el complemento necesario del emerger continuo de nuevas formas sociales y económicas, y de ingresos reales en continuo crecimiento para todas las capas sociales".*
>
> *(La teoría del desenvolvimiento económico 1976, p. 254)*

1.2 La innovación tecnológica en la teoría neoclásica

Para los teóricos de esta escuela de pensamiento, el papel de la innovación tecnológica se enfoca en los modelos de crecimiento económico los cuales a su vez se sustentan en una serie de supuestos que hacen posible el funcionamiento de los mismos.

La parte fundamental de la teoría neoclásica es la maximización del beneficio, por lo tanto se analiza desde tres ejes fundamentales: el análisis de las decisiones de producción (su actividad principal es combinar los factores de producción para obtener la óptima ganancia), en la teoría de precios (discusión entre la oferta y demanda como causales de la innovación tecnológica) y la estructura de mercado en que se desarrolla, en concreto el grado de competencia del mercado. De esta manera, el resultado del proceso de maximización, es el cambio tecnológico.

Cuando se analizan las condiciones de equilibrio de un mercado los supuestos se remiten a: los precios de los otros bienes están dados (esta parte incluye los precios de los factores de producción) y el mercado es perfectamente competitivo y debe satisfacer las siguientes condiciones:

- ***Racionalidad:*** Cada agente actúa maximizando su bien definida función objetivo, sujeta a las restricciones impuestas sobre ella, tanto por el sistema económico como físico.
- ***Mercados completos (price-quoting):*** Para cada bien existe un precio y solo uno.
- ***Comportamiento no estratégico (price-taking):*** Cada agente puede intercambiar cualquier bien, en cantidades ilimitadas a su precio de cotización.
- ***Mercados de equilibrio (market-clearing):*** situación de mercado donde el precio y la cantidad del bien deseado por la oferta y demanda son iguales, es decir, los mercados se vacían simultáneamente.[1]

En la escuela neoclásica del pensamiento, la tecnología es entendida como la estructura de información y conocimiento que puede ser aplicada a la producción de bienes y servicios; es decir, la información con la que la empresa cuenta sobre las diferentes posibilidades de producción (San Martín, 1990).

Lo anterior define que cuando se analizan las posibilidades de producción de las empresas debe reconocerse que por naturaleza existen ciertas restricciones tecnológicas. De esta forma, el concepto básico para comprender la descripción neoclásica de la tecnología es el de posibilidades de producción. Varían (2010) señala que solo existen algunas combinaciones de factores viables para obtener una cantidad dada de producción lo que obliga a las empresas a adaptarse solo a las combinaciones factibles desde el punto de vista tecnológico, en simples

[1] Newman, P., & Vassilakis, S. (1988). Sraffa and imperfect competition. *Cambridge Journal of Economics, 12*(1), 37-42.

palabras, la tecnología está en función del ajuste o equilibrio entre los factores de producción a saber, trabajo y capital.

Así, el problema económico consiste en seleccionar la mejor combinación de insumos para la obtención de un nivel dado de producción. Esta definición considera la tecnología como un factor exógeno y disponible a la empresa. La selección de la mejor tecnología posible obedece a los criterios y a la restricción de la maximización del producto (Gallego, 2003).

1.2.1 La función de producción

La función de producción de la firma muestra la cantidad máxima del bien que ésta puede producir utilizando distintas combinaciones de capital (k) y de trabajo (l); formalmente se expresa como una combinación lineal de k y l con un mismo nivel de producción.

$$q = f(k, l) \tag{1.1}$$

De acuerdo con Nicholson (2008) una isocuanta muestra las combinaciones de k y l que producen determinada cantidad de un bien q_0. Cada una de ellas representa un nivel de producción distinto. A medida que una isocuanta se desplaza en dirección nordeste registra un nivel de producción más alto, mientras que movimientos a lo largo de la misma genera cambios en la razón de insumos pero con el mismo nivel de producción.

$$f(k, l) = q_0 \tag{1.2}$$

En este sentido, la teoría neoclásica considera los cambios tecnológicos mediante la modificación en la función de producción de la firma. Gráficamente un desplazamiento hacia arriba significa un aumento en la productividad y por lo tanto se presenta el efecto de la innovación en el proceso, si no existe un desplazamiento no hay cambio en el nivel de producción y la combinación de factores se representan en la misma curva isocuanta.

Relacionado con lo anterior Koutsoyiannis (1979) enfatiza que el progreso tecnológico puede cambiar la forma (o producir un desplazamiento) de la isocuanta. Bajo este elemento hace referencia a Hicks quien expone tres tipos de progreso tecnológico según sus efectos sobre la tasa de sustitución de los factores de la producción:[2]

- El progreso tecnológico intensificador de capital implica un incremento en el producto marginal del capital en una medida mayor que el producto marginal de la mano de obra.
- El progreso tecnológico intensificador de mano de obra se presenta cuando el producto marginal del trabajo es mayor que el producto marginal del capital.
- El progreso tecnológico es neutral si se incrementa en el mismo porcentaje el producto marginal de ambos factores.

1.2.2 Propiedades de la tecnología

Para el interés de la escuela neoclásica, la tecnología satisface las siguientes propiedades:

Se supone que las tecnologías son ***monótonas,*** es decir, con una cantidad igual o mayor de ambos factores, debe ser posible obtener, al menos, el mismo volumen de producción.

Formalmente se expresa como sigue: si el vector de insumos x pertenece al conjunto de cantidades necesarias de factores $V(\Upsilon)$, si otro vector de inputs $x' \geq x$, se concluye que x' pertenece a $V(\Upsilon)$. Si $x' \geq x$, significa que x' tiene como mínimo la misma cantidad de inputs que x (es el caso de la igualdad estricta), así, entonces, x' es una manera viable de obtener el nivel de producciónΥ; si x es posible, x' también lo es. En este caso, el conjunto $V(\Upsilon)$ es monótono.

[2] A. Koutsoyiannis, (1985). *Microeconomía Moderna,* Ed. Amorrourtu. Buenos Aires, pp. 95-98

También se supone que frecuentemente la tecnología es ***convexa***, lo que significa que si existen dos formas de producir γ unidades, (x_1, x_2) y (z_1, z_2), su medida ponderada permitirá al menos γ unidades.

1.2.3 El tamaño de la firma y la estructura de mercado en el proceso de la innovación tecnológica

Cuando se examinan las posibilidades de innovación de una empresa, la estructura de mercado se vuelve un tema elemental. Si consideramos una empresa monopólica se pueden destacar algunas ventajas sobre las pequeñas empresas, por ejemplo, el monopolio puede prevenir la imitación a través de las patentes.

Las patentes conceden a las empresas el derecho exclusivo de beneficiarse de sus innovaciones durante un periodo de tiempo. Este periodo de vigencia se torna fundamental para el monopolio ya que entre mayor sea, más ganancias obtiene y por lo tanto mayores son sus incentivos para seguir invirtiendo en investigación y desarrollo. En este sentido, el objetivo principal de las patentes es fomentar las innovaciones.

No obstante, el monopolio también presenta desventajas al mantener ganancias extraordinarias y el control de recursos que le permiten conservar los mismos procesos de producción; el monopolio puede subsistir largos períodos de tiempo sin impulsar procesos innovadores debido a la ausencia de una competencia dinámica (López-Leyva, 1997). Cuanto más se permite que dure el monopolio, mayor es la perdida irrecuperable de eficiencia que genera.

El hecho de que una industria sea competitiva o monopolística depende, en parte, del carácter de la tecnología. Si la escala mínima eficiente es grande en relación con la demanda, es probable que el mercado esté monopolizado. Pero si es pequeña, pueden entrar muchas empresas en la industria, por lo que es de esperar que el mercado tenga una estructura competitiva (Varian, 2010:477).

Bajo esta temática, Galbraith (1980) argumenta que a mayor competencia entre las empresas, la innovación se hace más costosa, por lo que las innovaciones solo pueden ser implementadas por las más grandes debido a que en estas los investigadores tienen mejores formas de relacionarse con sus colegas y por ende mejores condiciones laborales. Este autor expone algunos motivos por los cuales la gran empresa presenta ventajas en el proceso de innovación:

- El tiempo que transcurre entre el inicio y la realización completa de cada tarea se hace más largo, esto debido a la cantidad de fases que encierra la realización de una tarea en particular.
- Existe un aumento del capital comprometido en la producción.
- Con el incremento de la tecnología, el gasto de tiempo y de dinero tiende a ser cada vez más inflexible en la realización de cada tarea.
- La tecnología requiere de una fuerza de trabajo especializada.
- La contrapartida inevitable de la especialización es la organización. Ella es la que compone con la obra y el trabajo de los especialistas un resultado coherente.
- El tiempo y el capital que hay que arriesgar, la inflexibilidad de ese riesgo, las necesidades de la gran organización y los problemas de rendimiento en el mercado imponen la necesidad de planificar.

El debate sobre el tamaño de la empresa y la capacidad de innovación ha sido muy discutido a lo largo del tiempo dado que ha venido cambiando la importancia del tamaño de las empresas en los procesos de innovación. Si bien, Schumpeter (1976) y Galbraith (1980) consideraron que la innovación era una actividad casi exclusiva de las grandes empresas, en la actualidad, existen trabajos empíricos que sostienen que las transformaciones en los procesos productivos derivadas de la actual globalización económica han cambiado la significancia del tamaño de las empresas.

Por ejemplo, Pedroza y Sánchez (2005) sostienen que a diferencia de las empresas grandes que tienen áreas específicas de planeación en I+D, en las pequeñas y medianas empresas, a partir del proceso creativo en el que emergen

ideas potencialmente útiles a la empresa, éstas se van acumulando y articulando para dar lugar a la innovación que se concreta en un bien o servicio, que en el caso de los productos se ofrecen en el mercado. Es decir, en la actualidad las pequeñas y medianas empresas han hecho contribuciones importantes al proceso de innovación general.

Al hacer un análisis sobre el tamaño de la empresa y su capacidad de innovación, López-Leyva (1997) destaca cuatro ideas:

- Las pequeñas empresas juegan un papel importante en el estado inicial de la innovación y ese papel es reemplazado por los grandes competidores en las etapas de mayor desarrollo y comercialización del producto.
- La contribución de las más grandes compañías a la innovación no es muy proporcional al tamaño.
- La concentración industrial tiene un efecto positivo en la innovación, pero ese efecto es menos que proporcional cuando el umbral de la concentración se sobrepasa.
- Los sectores con un rápido progreso tecnológico se concentran más que los sectores de progreso lento.

1.2.4 El modelo de crecimiento exógeno de Solow

A mediados del siglo pasado el trabajo de Robert Solow (1956) ofreció una forma diferente al de los trabajos predecesores que explicaban el crecimiento económico. El aporte de Solow también conocido como modelo exógeno del crecimiento es en la actualidad el soporte de la escuela neoclásica del pensamiento económico así como el punto de referencia para el desarrollo de otros modelos macroeconómicos. Este aporte se caracteriza por ser un modelo de oferta en el cual los problemas de mercado están ausentes y el ahorro es igual a la inversión.

Solow (1956) contempla una economía sin sector externo (economía cerrada), por lo que no existe el intercambio comercial con el resto del mundo como tampoco movimientos de capital, también supone que no hay gasto de gobierno.

Si bien, en la actualidad ambos supuestos son poco realistas son clave en el modelo para analizar el efecto de la inversión en capital físico en el crecimiento económico (Sala i Martin, 2000).

Bajo estos supuestos, la identidad nacional queda como sigue:

$$Y_t = C_t + I_t \tag{1.3}$$

La ecuación anterior permite identificar que en el modelo neoclásico de Solow el ahorro es igual a la inversión. Lo anterior es posible al restar el consumo de ambos lados de la ecuación: $Y_t - C_t \equiv S_t = I_t$, donde S_t es el ahorro. Por lo tanto, en una economía cerrada, sin gasto público, el ahorro de las familias es igual a la inversión o a la demanda de las empresas. Tal y como se vio en la función de producción neoclásica, la producción de la economía se obtiene mediante tres factores elementales: trabajo (L_t), capital (K_t) y tecnología (A_t). De acuerdo con Sala i Martin (2000) es importante hacer una distinción entre los tres factores, mientras L_t y K_t son bienes rivales, A_t es un bien NO rival.[3]

La combinación de los tres factores representa la función de producción neoclásica:

$$Y_t = F(L_t + K_t + A_t) \tag{1.4}$$

Dado que la producción final de la economía se distribuye entre consumo e inversión la ecuación 1.4 puede reescribirse como:

$$C_t + I_t = F(L_t + K_t + A_t) \tag{1.5}$$

Que a su vez satisface las siguientes propiedades:

1. Presenta rendimientos constantes a escala (homogénea de grado uno). Si multiplicamos el factor trabajo (L_t), y el factor capital (K_t) por una constante, la producción (Y_t) se incrementa en la misma proporción.

[3] Se dice que un bien es rival si no puede ser utilizado por más de un usuario a la vez. Si un bien puede ser utilizado por mucha gente al mismo tiempo, se dice que un bien NO rival.

2. La productividad marginal de L_t y K_t es decreciente. Al incrementarse cualquiera de los dos factores manteniendo constante el otro, aumenta la producción aunque en menor proporción que el factor que se incrementó.

3. Satisface las condiciones de Inada (1964). Estas exigen que la productividad marginal del capital se aproxime a cero cuando el K tiene a infinito y que tienda a infinito cuando el capital se aproxime a cero. Con lo cual se asegura que existe una ruta de no divergencia. Esta lógica es similar con el factor trabajo.

Siguiendo a Sala i Martín (2000) se agregan cuatro supuestos adicionales que formalizan el modelo neoclásico de Solow-Swan:

1. Tasa de ahorro constante. Los consumidores ahorran una proporción constante (s) de Y_t; $C_t = (1 - s)Y_t$.

2. Tasa de depreciación constante. La inversión bruta es igual a la inversión neta (aumento neto en el *stock* de maquinaria o capital) más la depreciación (deterioro de las maquinas en el proceso productivo) que se describe como:

$$I_t = \dot{K}_t + D_t. \tag{1.6}$$

Si en cada momento del tiempo se deteriora una fracción constante de las maquinas igual a δ, entonces la depreciación total es igual a δK_t.[4] Por lo tanto la ecuación 1.6 se escribe como:

$$I_t = \dot{K}_t + \delta K_t \tag{1.7}$$

Al sustituir la ecuación 1.7 en la ecuación 1.5 y despejando $\dot{K}_t$ obtenemos:

$$\dot{K}_t = sF(K_t, L_t, A_t) - \delta K_t \tag{1.8}$$

La ecuación 1.8 muestra algo muy interesante: si conociéramos los valores K, L y A en el momento t y considerando que s y δ se sabría cuál es el aumento del stock de capital durante el periodo siguiente.

[4] K_t es igual a la cantidad de máquinas existente

3. Población igual a trabajo y tasa constante de crecimiento de población. Para continuar con la simplificación del modelo se supone que la población total es igual al número de trabajadores (L_t) que crece a una tasa exógena y constante (n). Al incorporan estos supuestos en la ecuación 1.8 y convertirla en términos per cápita (utilizando letras minúsculas) se obtiene:

$$\dot{k_t} = sf(k_t, A_t) - \delta k_t - nk_t \qquad (1.9)$$

4. Nivel tecnológico constante. Dado que el objetivo es analizar el papel de la inversión como determinante del crecimiento es útil disponer de todas las fuentes alternativas de crecimiento potencial, y en este sentido una de ellas es el progreso tecnológico el cual se supone que es constante: $(A_t = A)$, por lo tanto la ecuación básica del modelo de Solow-Swan es:

$$\dot{k_t} = sf(k_t, A) - (\delta + n)k_t \qquad (1.10)$$

La ecuación anterior indica cual será el incremento del stock de capital per cápita en el siguiente periodo.

Una de las fortalezas del modelo neoclásico de Solow-Swan es que, a pesar de su simplicidad, tiene algunas predicciones muy importantes como se destacan a continuación (Mankiw 1995:277):

1. En el largo plazo, la economía se aproxima a un estado estacionario que es independiente de las condiciones iniciales.

2. El nivel de ingresos del estado estacionario depende de las tasas de ahorro y crecimiento de la población. Cuanto mayor sea la tasa de ahorro, mayor será el nivel de ingresos estacionario por persona. Cuanto mayor es la tasa de crecimiento de la población, menor es el nivel de ingresos del estado estacionario por persona.

3. La tasa de crecimiento del ingreso per cápita del estado estacionario depende solo de la tasa de progreso tecnológico y no de las tasas de ahorro y crecimiento de la población.

4. En el estado estacionario, el stock de capital crece a la misma tasa que el ingreso, por lo que la relación capital-ingreso es constante.

5. En el estado estacionario, el producto marginal del capital es constante, mientras que el producto marginal del trabajo crece al ritmo del progreso tecnológico.

6. La convergencia entre países homogéneos se deriva de la dinámica de transición del modelo hacia el estado estacionario. Un país con menor stock de capital per cápita inicial, que comparta el mismo estado estacionario que otro inicialmente más adelantado, presentará una mayor productividad marginal del capital (por los rendimientos decrecientes de este factor) y, por tanto, un mayor rendimiento, estímulo a la inversión, y un mayor crecimiento económico. Así pues, y a la luz de estos modelos, las medidas a adoptar para alcanzar la convergencia se limitarán a la modificación y adaptación de sus estructuras productivas a las del resto de países con los que se quiere converger. Una vez alcanzadas unas estructuras homogéneas, la convergencia vendrá por sí sola.

No obstante si la tasa de ahorro y de crecimiento de la población se modifica se lograr llegar a un punto en el largo plazo donde la producción no crece, sin embargo al incrementar constantemente la tecnología el resultado es que esta economía crece al mismo ritmo. Sin embargo, el modelo de Solow-Swan no detecta los determinantes del crecimiento debido que el supuesto que identifica al modelo neoclásico es que el progreso tecnológico está determinado fuera del modelo, es decir se considera exógeno.

Ante esta premisa, Solow llegó a la conclusión de que la tecnología avanzó a una tasa del 1.5% anual de 1909 a 1949 en Estados Unidos. Por tanto, más de la mitad del crecimiento de la producción real era atribuible al cambio tecnológico y no al crecimiento de las cantidades materiales de los factores de producción.

Evidencia más reciente tiende a confirmar las conclusiones de Solow respecto a la importancia relativa del cambio tecnológico. Sin embargo, sigue existiendo bastante incertidumbre respecto a las causas exactas de este cambio (Nicholson, 2009:202).

1.2.5 La convergencia en el modelo de crecimiento exógeno

Como se analizó, uno de los supuestos más importantes que sustenta la teoría neoclásica del crecimiento exógeno es que los países pobres crecerán a una tasa más rápida que los ricos lo que en el largo plazo permitirá lograr la convergencia en sus niveles de ingreso per cápita. Barro y Sala i Martin (1995) han nombrado a este supuesto como la hipótesis de convergencia absoluta o β-convergencia y se manifiesta mediante la relación inversa entre el ingreso per cápita inicial y su tasa de crecimiento.

Sala i Martin (2000) presenta la siguiente ecuación para probar el análisis de convergencia:

$$\gamma_{i,t} = a - \beta\ log\left(y_{i,t-1}\right) + u_{it} \qquad (1.11)$$

dónde:

$\gamma_{i,t}$= Tasa de crecimiento del PIB per cápita de la economía i entre el año t-1 y t

$y_{i,t-1}$= Logaritmo del PIB per cápita de la economía i en el año t-1

β = Constante

u_{it}= Termino del error

La prueba de hipótesis queda de la siguiente manera:

$$H_0: \beta \leq 0$$

$$H_1: \beta > 0$$

En este sentido cuando $\beta > 0$ se indica que hay una relación inversa entre el producto per cápita y su tasa de crecimiento, en otras palabras, hay convergencia económica, mientras que si $\beta \leq 0$ se indica que no hay convergencia dado que la relación entre el producto per cápita y su tasa de crecimiento es positiva (Sala i Martin 2000).

Por otro lado, la evidencia empírica ha demostrado que las características económicas entre los países son heterogéneas, por lo que el supuesto de homogeneidad (igual función de producción, estado estacionario, e iguales tasas de crecimiento de la población, ahorro y depreciación) limita el análisis de convergencia al omitir las peculiaridades de cada economía. Derivado de lo anterior, en la literatura económica se ha desarrollado el concepto de convergencia condicional o σ-convergencia, el cual implica que la dispersión del ingreso per cápita entre un grupo de economías decrezca.

Ante lo anterior, es posible que la existencia de convergencia absoluta (β-convergencia), no implique, necesariamente una disminución de la dispersión del ingreso per cápita, es decir, es posible que no exista σ-convergencia (Barro y Sala i Martin, 1995).

1.2.6 La dinámica distributiva de Quah

Quah (1993, 1996a, 1996b, 1997) confronta con argumentos la tesis neoclásica de convergencia económica al afirmar que los trabajos basados en β y σ-convergencia pueden ofrecer resultados sesgados porque no toman en cuenta todos los valores de la distribución, sino solamente los medios, de esta forma, sostiene que los análisis convencionales omiten por completo aspectos claves del crecimiento y la convergencia.

Sobre esta materia Quah (1993) critica la manera en que están construidos los trabajos clásicos de convergencia y discute que estos pueden estar afectados por

la *"Clásica falacia de Galton",*[5] es decir, podría darse la convergencia económica dado que las economías ricas tienen tasas de crecimiento más bajas que las pobres. No obstante, es posible que no haya una disminución de la dispersión en el largo plazo entre las economías analizadas y, por tanto, esto no implicaría llegar a la convergencia.

Por lo tanto propone una metodología alternativa que proporciona nuevos elementos a la tesis neoclásica de convergencia. Quah le adjudica mayor importancia al análisis de cómo las economías se comportan entre sí y no cómo se comporta una de acuerdo con sus características iniciales, para ello analiza la dinámica de la distribución con una metodología no paramétrica a través de cadenas de Markov y graficas de densidad kernels, herramientas que le permitieron examinar la variación de la distribución en el tiempo para detectar si existe tendencia a la concentración o la dispersión en la unidades económicas analizadas.

La metodología que utiliza Quah (1993) se basa en el supuesto de que la dinámica de transición del largo plazo está determinada por las condiciones iniciales de las economías. El autor formaliza la construcción de matrices de probabilidades de transición y vectores de estado inicial para estimar un vector de largo plazo el cual permite detectar la existencia o no de convergencia.[6]

$$F_{t+1} = M * F_t \qquad (1.12)$$

Dónde:

$F_t =$ Distribución del ingreso entre las economías analizadas en el tiempo t.

$M =$ Matriz de transición.

La matriz M facilitó el análisis de la existencia de tendencias de largo plazo en la distribución, la formación de grupos, concentraciones de economías así como

[5] La Falacia de Galton es conocida por la investigación del estadístico Francis Galton en 1885, en la cual determinó que los hijos de los padres altos en promedio eran más bajos, a esta evidencia la llamó "mediocridad".

[6] En el Capítulo 3 se desarrolla con detalle la metodología sobre las cadenas de Markov

en la verificación de la posible convergencia hacia un rango o estado de la distribución. En la construcción de las matrices de probabilidad es necesario estratificar por medio de rangos con el fin de poder observar los cambios en la posición entre los rangos de la distribución, Quah (1993) propone los intervalos ¼, ½, 1 y 2 que establece de manera arbitraria. Así, dichos cambios reflejan la transición del estado i al j con lo cual es posible estimar la dinámica de la distribución de las economías que se están analizando. Los resultados del trabajo se desglosan como sigue:

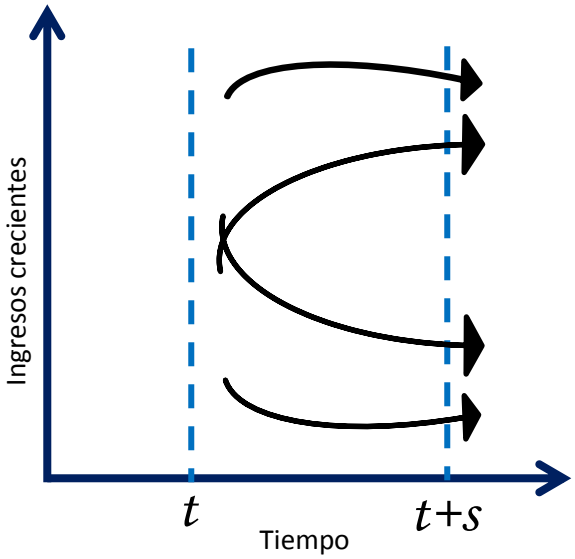
- Se observa una acumulación de las economías hacia los niveles extremos del ingreso.
- Las distribuciones ergódicas muestran bajos valores en los intervalos centrales y una alta concentración en los extremos. Las distribuciones presentan una mayor probabilidad en la parte superior de la matriz.
- Si la mayoría de las economías se agrupan en la parte alta significa que dichas economías se hacen más ricas.
- Si hay una agrupación en la parte más baja, significa que las economías con bajos ingresos caen en una trampa.
- Se llegó a la conclusión de la existencia de una alta persistencia o baja movilidad de las economías entre los diferentes rangos de ingreso.

La investigación de Quah (1996a) proporciona evidencia sobre la persistencia y estratificación; en la formación de clubes de convergencia y en la distribución que se polariza mediante la aparición de *"Twin Peaks"* (picos gemelos) de ricos y pobres. Entre sus principales conclusiones señala que no existe convergencia a una distribución única, sino todo lo contrario, los países ricos serán cada vez más ricos y los pobres cada vez más pobres.

En este sentido, Quah (1997) identifica la formación de clubes de convergencia formados endógenamente a través de todos los países, estableciendo inicialmente el supuesto en el que las condiciones iniciales en que se encuentren determinará la dinámica de transición en el largo plazo.

La Figura 1.1 muestra la distribución del ingreso en dos puntos en el tiempo, en la cual puede observarse la formación de dos concentraciones (una en la parte alta y otra en la parte inferior) o de dos picos. Mientras que las economías que inicialmente están en la parte superior permanecen en el mismo estado después del tiempo t+s, acontece lo mismo con las economías que se encuentran en la parte más baja, en tanto, que las economías que se ubican en el centro de la distribución se trasladan hacia los extremos, es decir, la clase media tiende a desaparecer.

Figura 1.1 Dinámica de la distribución: dos picos emergentes



Fuente: Quah (1997).

De la misma forma, se destaca que cuando existen más de dos picos en la distribución, es considerada como estratificada, lo cual quiere decir que las economías convergen en varios puntos distintos formando los clubes de convergencia.

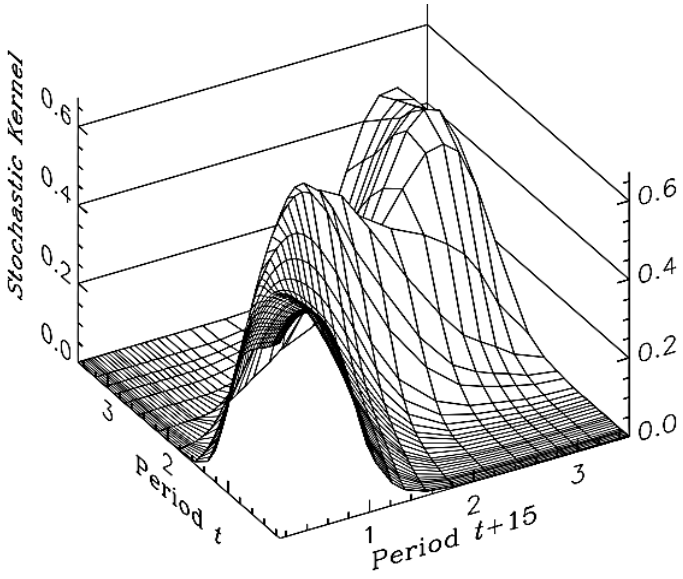
Observar la Figura 1.1 es fundamental para entender el análisis de Quah, las flechas indican las variaciones intra-distribución a lo largo del tiempo, en este contexto Quah (1997) identifica dichas variaciones según el movimiento de las flechas:

- Se dice que hay **persistencia** en la dinámica de la distribución cuando los países ricos en el periodo t + s también lo fueron en el periodo t. Esta misma lógica aplica en el caso de las economías pobres.
- Cuando algunas economías ricas en el periodo t+s iniciaron siendo pobres y viceversa, se indica que ha **movilidad** en la distribución.
- Si ocurre lo anterior y además tiende a desaparecer la clase media se dice que hay una **separación** de la distribución.

El análisis sobre la dinámica de transición de las unidades económicas, llevó a Quah (1997) a disponer de herramientas estadísticas como las gráficas de densidad Kernel al asegurar que la matriz de transición tiende a una matriz continua que se convierte en un kernel estocástico.

El kernel estocástico es una función de densidad de probabilidad: la proyección trazada es no negativa y el área bajo la misma es igual a la unidad. Esa proyección es similar a una fila de una matriz de probabilidad de transición: tal fila tiene todas las entradas no negativas y suman 1. En términos generales, esta densidad de probabilidad describe transiciones en el tiempo (periodo t+s) a partir de un valor de ingreso dado en el período t (Quah, 1997).

Figura 1.2 Densidad Kernel estocástica



Fuente: Quah (1997).

La Figura 1.2 muestra una gráfica de densidad Kernel donde la dinámica de transición depende de la observación en los movimientos de la misma, es decir, la evolución de la distribución del periodo t al periodo t+s. De acuerdo con Quah (1997) la interpretación es la siguiente:

- Si a lo largo de la diagonal de 45 grados se observa una concentración de las observaciones se dice que hay persistencia porque los elementos en la distribución permanecen en el estado donde iniciaron.
- Si se observa una concentración mediante la rotación de 90 grados hacia la izquierda de la diagonal de 45 grados, se afirmaría que los ricos se vuelven pobres y los pobres ricos en el periodo t+s (en el trabajo de Quah comprende 15 años).
- Si se detectara una concentración alrededor de la unidad (una sola elevación), la distribución converge a la igualdad.
- Si la distribución forma una paralela al eje del periodo t, la distribución del siguiente periodo será igual independientemente de la inicial.
- En el caso de la Figura 1.2, en el periodo de 15 años, la distribución de probabilidades se concentran alrededor de la diagonal de 45 grados y se observan dos picos (Twin Peaks).

Finalmente, es importante destacar que la discusión en los trabajos de Quah está enfocada en la distribución del ingreso, por lo tanto utiliza la variable ingreso per cápita, no obstante, la metodología propuesta por el autor puede ser aplicada a la convergencia utilizando otras variables económicas.[7]

1.3 La innovación tecnológica en la teoría del crecimiento endógeno

Desde la perspectiva neoclásica el concepto económico de la innovación es interpretado como un elemento exógeno al sistema económico, por lo cual los factores fundamentales del crecimiento están asociados con la acumulación del capital físico. En este sentido, las decisiones de inversión en innovación son un elemento central aunque determinado fuera del modelo. Este enfoque también

[7] Para efectos de la presente investigación, se utilizó la variable innovación, construida por el Foro Económico Mundial en la elaboración de la metodología no paramétrica del presente trabajo.

supone que los países pobres crecerán a una tasa más rápida que los ricos logrando la convergencia en sus niveles de ingreso per cápita en el largo plazo.

No obstante, la evidencia empírica ha mostrado que las principales predicciones del modelo neoclásico de crecimiento exógeno no han sido contundentes principalmente cuando se trata de explicar el crecimiento de los países en desarrollo. A nivel mundial se observó la ausencia de convergencia en los niveles de ingreso per cápita entre las economías, incluso se percibió una divergencia muy notable; las tasas medias anuales de crecimiento variaban de forma importante entre las economías, siendo más altas en los países industrializados (Hernández-Rubio, 2002).

Bajo esta temática, Artus (1993 citado en Galindo, 2011) desglosa tres razones fundamentales para afirmar que los modelos neoclásicos no proporcionaban conclusiones satisfactorias a la hora de explicar los determinantes del crecimiento:

1. No es convincente que las inversiones en investigación y desarrollo (I+D), el gasto público o la fiscalidad no tengan ningún efecto sobre la tasa de crecimiento económico en el largo plazo.

2. La especificación de los modelos neoclásicos no permite detectar las causas por la cuales las tasas de crecimiento son distintas entre los países.

3. No explican de manera concluyente por qué no se producen movimientos de capital de los países ricos hacia los pobres, en los que la productividad marginal del capital es mayor y, por tanto, de acuerdo con las hipótesis neoclásicas, dichos flujos deberían ser mayores.

Ante estos pronunciamientos y después de algunos años de abandono, el tema del crecimiento económico vuelve a ocupar un espacio en la discusión económica en la década de los ochenta. Es hasta entonces cuando en busca de nuevos planteamientos sobre los determinantes del crecimiento surge la teoría del crecimiento endógeno modificando algunos aspectos básicos del modelo de crecimiento exógeno. La nueva teoría del crecimiento considera a la innovación

como un elemento endógeno al sistema económico, destacando el rol significativo que tiene la inversión en capital humano y el progreso tecnológico en el crecimiento (véase Cuadro 1.1)[8].

La flexibilización de los supuestos del modelo neoclásico del crecimiento exógeno implicó una modificación importante en cuanto al análisis de los rendimientos decrecientes que este suponía. En este sentido, la teoría del crecimiento endógeno argumenta que cuando las inversiones se dan en un entorno económico caracterizado por rendimientos crecientes a escala, el producto marginal del capital no tiene por qué decrecer en el largo plazo, sino todo lo contrario, el incentivo a la acumulación del capital puede persistir indefinidamente y sostener un crecimiento constante en el nivel de renta per cápita real (Hernández-Rubio, 2002).

De esta manera, una diferencia fundamental de los modelos de crecimiento endógeno respecto de los modelos de crecimiento exógeno es el supuesto sobre los rendimientos de los factores acumulables en la función de producción. Según Galindo (2011) el supuesto de rendimientos crecientes del capital es el que permite explicar endógenamente soluciones de equilibrio dinámico con crecimiento del ingreso per cápita positivo.

Por las razones anteriores, los modelos de crecimiento endógeno intentan superar las dificultades del enfoque neoclásico, introduciendo así fenómenos de aprendizaje y efectos de desbordamiento del capital público y privado, físico y humano, y los proyectos de I+D, así como los rendimientos a escala crecientes (Galindo, 2011:48).

[8] La teoría del crecimiento endógeno también se conoce como nueva teoría del crecimiento.

Cuadro 1.1 Diferencias fundamentales entre la aportación neoclásica y la del crecimiento endógeno.

Teoría neoclásica del crecimiento exógeno	Teoría neoclásica de crecimiento endógeno
Los beneficios derivados de la inversión en capital y la tasa de ingreso per cápita son expresados como una función decreciente del nivel de capital per cápita.	La producción de bienes con nueva tecnología muestra rendimientos crecientes , es decir, la tecnología manifiesta una productividad marginal creciente de la tecnología
Destaca la inversión en capital físico	Insiste en el papel del capital humano y del libre comercio
La innovación es un elemento exógeno al sistema económico	La innovación se considera un elemento endógeno al sistema
Las economías pobres crecerán a una tasa más rápida que las ricas, por tanto tenderán a la convergencia en los niveles del ingreso per cápita	El nivel de ingreso per capital puede crecer sin límites dependiendo del nivel de inversión tecnológica, por lo que, la brecha existente entre ricos y pobres puede ampliarse

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura.

Otra diferencia fundamental es que en la teoría del crecimiento endógeno, el crecimiento económico no está fuera de la política económica, sino más bien, tiene efectos sobre el crecimiento de largo plazo porque brinda alternativas de desarrollo que se centran en la educación, la inversión nacional, el desarrollo de nuevas tecnologías para el mercado mundial y en la investigación en ciencia aplicada. En cambio, en los modelos neoclásicos, el crecimiento de largo plazo es totalmente independiente de las decisiones de política económica, es decir, los hacedores de política poco puede hacer para conseguir que el país alcance un mayor nivel de crecimiento de equilibrio a largo plazo, ya que el progreso tecnológico queda determinado fuera del modelo al ser considerado un elemento exógeno.

1.3.1 Supuestos de la teoría del crecimiento endógeno

1.3.1.1 La tecnología como un bien no rival

Los bienes económicos poseen dos características elementales que los distinguen de los demás: el grado de su rivalidad y el grado en que son susceptibles de exclusión. Romer (1990) define que un bien puramente rival es aquel que tiene la propiedad de que su uso por una empresa o persona impide su uso por otra, en cambio un bien puramente no rival tiene la propiedad de que su uso por una empresa o persona no limita en modo alguno su uso por otra.

Sala i Martin (2000) señala que un bien es rival si no puede ser utilizado por más de un usuario a la vez, mientras que si este bien puede ser utilizado por mucha gente al mismo tiempo se dice que es no rival. Sobre el particular, el conocimiento técnico es considerado como un bien no rival, ya que si una determinada empresa o persona hace uso de tal conocimiento en cualquier parte del mundo, simultáneamente a miles de kilómetros otra empresa o persona puede también disponer del mismo conocimiento.

Con el fin de hacer más claro estas características supongamos el ejemplo de un bien rival, en algún momento determinado un empleado de Apple está haciendo uso de un equipo de cómputo en California, sólo esta persona puede hacerlo, nadie más en ninguna parte del mundo puede estar usando el mismo equipo, esta característica es lo que determina que ese bien sea rival, es decir, la misma computadora no puede ser utilizada por más de una persona a la vez.

Veamos el caso contrario, es decir, un bien no rival, pensemos en Facebook, esta famosa red social tiene la característica de permitir que distintos usuarios en cualquier parte del mundo puedan conectarse de manera simultánea en un determinado momento.

Así pues, el conocimiento (tecnología) es considerado un bien no rival dado que este puede ser utilizado por muchas personas al mismo tiempo incluso a kilómetros de distancia. No obstante, se asume que el conocimiento posee una definición parcial de exclusión, es decir, la capacidad de evitar que alguien más

utilice dicho conocimiento no es total, por ejemplo en el caso de Facebook podría ser excluible ya que su uso puede evitarse mediante algún procedimiento, en su caso, solo las personas que cuentan con un usuario y una contraseña pueden disponer de esta red social, por lo tanto, el uso de esta aplicación está restringida solo a los miembros de esta comunidad. Así se define un bien de exclusión parcial, es decir, la capacidad de apropiación por parte del creador de dicho bien solo es parcial.

Lo anterior, permite sostener que el conocimiento técnico tiene la característica de ser un bien no rival con posibilidades de exclusión parcial, estas peculiaridades de conocimiento merecen un tratamiento cuidadoso que será tratado en el siguiente apartado.

1.3.1.2 Competencia imperfecta

En el apartado anterior se especificó que en los modelos de crecimiento endógeno se asume que el conocimiento tecnológico es un bien no rival y posee la característica de ser un bien parcialmente excluible.

Otra peculiaridad importante de estos modelos es que asume que la estructura de mercado debe desempeñarse en un marco de competencia imperfecta porque esta propiedad permite que los agentes privados tengan un incentivo para realizar mejoras tecnológicas. Para Romer (1990) la tasa de crecimiento en investigación y desarrollo no necesariamente tiene que ser un Óptimo de Pareto, los resultados de su investigación sugieren que el progreso tecnológico y el crecimiento económico son resultados endógenos de la competencia imperfecta.

En un escenario de competencia imperfecta los agentes privados estarían en la mejor disposición de invertir en innovaciones, dada la facilidad de poder apropiarse del derecho de propiedad (por ejemplo a través de las patentes) y por lo tanto de los ingresos obtenidos por la creación de un bien determinado.

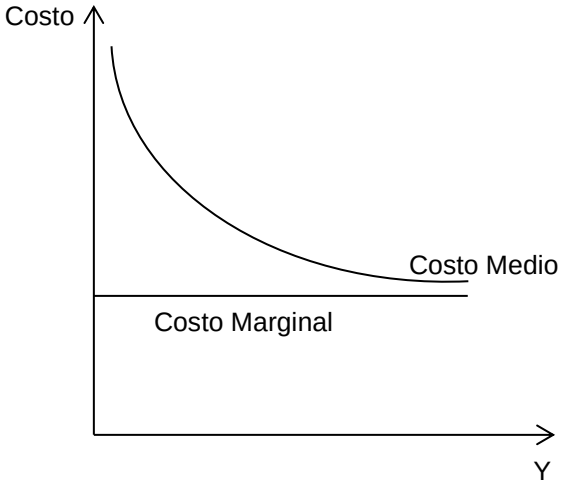
Sobre lo anterior, Sala-i-Martin (2000) plantea que la producción del conocimiento requiere un alto costo fijo inicial muy superior al costo marginal. Sin

embargo esto conlleva una implicación dado que cuando existen los costos fijos, los costos medios tienden a ser mayores que el costo marginal, por lo que, en un escenario de competencia perfecta el precio sería igual al costo marginal, pero esto implicaría que cualquier empresa competitiva que quisiera producir tecnología tuviese perdidas monetarias (Figura 1.3).

Por esta razón es que la única manera de producir bienes tecnológicos, sin incurrir en pérdidas a la empresa es mediante una estructura de mercado que permita la competencia imperfecta, es decir, los bienes tecnológicos tenderán a ser producidos por empresas con alto poder de mercado (Sala i Martin, 2000).

Incluso el autor resalta la importancia del gobierno en la protección legal de nuevas innovaciones para garantizar a las empresas la capacidad de establecer un precio por arriba del costo marginal para que puedan recuperar el alto costo inicial de haber realizado la idea, incluso si esto les da cierto poder monopolístico.

Figura 1.3 Representación de los costos medios y marginales



Fuente: Sala i Martin 2000 pp. 170

1.3.1.3 Derrames tecnológicos

Las características anteriormente descritas (mercados imperfectos y no rivalidad) facilitan que las empresas puedan acceder a la tecnología a un costo más bajo que en el que podrían incurrir si la producen. Es decir, la no rivalidad permite que las empresas puedan disponer del conocimiento aunque no hayan sido creadoras

del mismo. En este sentido los derrames tecnológicos generan rendimientos crecientes en la acumulación del conocimiento técnico.

De acuerdo con Romer (1989) los derrames tecnológicos traen consigo dos importantes elementos: generan rendimientos crecientes en la acumulación del conocimiento técnico. En este contexto el autor menciona que el conocimiento de cada investigador se va agregando al conocimiento de cada uno de los anteriores sin despreciase, de esta manera el producto marginal del conocimiento tecnológico es creciente a medida que este aumenta.

Por otro lado explica que los derrames tecnológicos presentan incrementos en las productividades de los factores de producción de lo cual se desprende que el conocimiento técnico es capaz de sacar mejor provecho de los insumos restantes debido a que la misma cantidad de insumos que generaba una cantidad dada de producción previo a la introducción del nuevo conocimiento, ahora genera una mayor cantidad de producto. El efecto que adquiere la producción de nuevo conocimiento da lugar al crecimiento del PIB per cápita en el largo plazo, por lo que el supuesto neoclásico de rendimientos decrecientes se pone en tela de juicio.

Cabe señalar que la capacidad que una región tenga para crecer y desarrollarse dependerá de la forma y en la medida en que se adopte y disperse la innovación. Sobre esto, Lazonick (2003) identifica 3 tipos de adopción:

1. Colectiva: los actores locales deben especializarse en conocimientos y habilidades específicas para generar economías de escala a través de la implementación de innovaciones.

2. Acumulativa: la importancia de la acumulación del conocimiento en una región es fundamental dado que permite reproducir y generar nuevo conocimiento, lo que trae como consecuencia la aparición de periódicas innovaciones.

3. Imprecisa: algunos de los agentes económicos se niegan a innovar ante el la incertidumbre sobre los resultados de esta.

1.3.2 El modelo más simple de crecimiento endógeno: tecnología AK

Una de las razones que sustenta la teoría del crecimiento endógeno es que flexibiliza algunos supuestos del modelo neoclásico, en particular, en la explicación del crecimiento a largo plazo. Dado que el modelo neoclásico del crecimiento exógeno no permite introducir el progreso tecnológico dentro del mismo, este es considerado exógeno al sistema.

No obstante, Rebelo (1991) argumenta que puede haber crecimiento a largo plazo si existen mejoras tecnológicas, para ello se aleja de la función de producción neoclásica y utiliza una función lineal en el stock de capital como se muestra a continuación:

$$Y = F(K) = AK \tag{1.13}$$

Dónde: *A* es una constante y *K* es el capital agregado.

Si bien, pareciera que esta función descuida la existencia del trabajo, sin embargo al considerar que se debe de invertir en una serie de recursos (alimentación, medicamentos, educación) para formar trabajadores, entonces también se invierte en el factor trabajo que está incorporado en *K.*

Propiedades de la función de producción *AK:*

1. Presenta rendimientos constantes a escala: Un incremento en los factores en determinada proporción, incrementa la producción final en la misma proporción (este supuesto es el mismo que el modelo neoclásico).

$$A(\lambda K) = \lambda AK = \lambda Y \tag{1.14}$$

2. Presenta rendimientos positivos pero NO decrecientes del capital: la producción es creciente en el factor capital, es decir, a medida que dicho factor se incrementa, la producción también aumentará.

$$F'(K) = A > 0 \quad y \quad F''(K) = 0 \tag{1.15}$$

3. No satisface las condiciones de Inada: dado que el producto marginal del capital es siempre igual a *A*, por lo tanto, no se aproxima a cero cuando *K* se aproxima a infinito y no se aproxima a infinito cuando *K* se aproxima a cero.

$$lim_{k\to\infty} F'(K) = A \neq 0 \qquad y \qquad lim_{k\to 0} F'(K) = A \neq \infty \tag{1.16}$$

Siguiendo a Sala i Martin (1999) si la función de producción *AK* se introduce en la ecuación 1.10 (modelo de Solow-Swan) y eliminando los subíndices temporales para simplificar la notación y el producto y bajo el entendido que y es el producto per cápita, f (k, A), la ecuación se reescribe como sigue:

$$\dot{k} = sAk - (\delta + n)k \tag{1.17}$$

La tasa de crecimiento del capital por persona se obtiene dividiendo por k en ambos lados de la ecuación:

$$\frac{\dot{k}}{k} \equiv \gamma^* = sA - (\delta + n) \tag{1.18}$$

Se observa que la tasa de crecimiento es constante, al ser igual a la diferencia de dos números constantes. Por lo tanto a diferencia del modelo neoclásico de Solow-Swan, este no predice convergencia hacia ningún estado estacionario.

Si se considera que una economía es lo suficientemente productiva como para que $sA > \delta + n$, la tasa de crecimiento será constante y positiva γ^*. Además, debido a que el PIB per cápita es proporcional a k, la tasa de crecimiento del PIB per cápita también será igual a γ^*. Por último, dado que el consumo es proporcional al PIB per cápita, el consumo también crecerá a la misma tasa γ^*.

Las principales diferencias del modelo AK respecto del modelo neoclásico son las siguientes (Sala i Martin, 1999:54):

- La tasa de crecimiento del producto per cápita puede ser positiva sin necesidad de tener que suponer que alguna variable crece continua y exógenamente.

- Entre mayor sea la tasa de ahorro de una economía mayor será su tasa de crecimiento. Por ello, a diferencia del modelo neoclásico, aquellas políticas que promuevan el ahorro y la inversión influyen sobre la tasa de crecimiento a largo plazo de la economía.
- La economía no transita hacia el estado estacionario, debido a que siempre crece a una tasa constante igual a $\gamma^* = sA - (\delta + n)$, que es independiente del valor que adopte el stock de capital. Es decir, la tasa de crecimiento de la economía permanece constante a pesar de que el stock de capital aumente.
- A diferencia del modelo neoclásico, el modelo AK predice que no existe ningún tipo de relación entre la tasa de crecimiento de la economía y el nivel alcanzado por la renta nacional, es decir, no existe convergencia ni real ni absoluta.
- Este aporte considera que los efectos de una recesión temporal serán permanentes, es decir, si por alguna causa exógena el stock de capital se reduce temporalmente, la economía no va a crecer transitoriamente más deprisa para volver a la trayectoria de acumulación de capital anterior, de manera tal que la pérdida sufrida se hará permanente.
- Cuando la tecnología es AK, no puede haber demasiada inversión en el sentido de que la economía no puede encontrarse en la zona dinámicamente ineficiente.

1.3.3 Capital Humano

Romer (1986) y Lucas (1988) fueron pioneros en la construcción de los modelos de crecimiento endógeno al retomar el tema del crecimiento económico en la investigación teórica. A diferencia de los modelos neoclásicos de crecimiento exógeno estas aportaciones aseguran que puede existir una tasa de crecimiento positiva del producto per cápita, aunque no exista una variable (progreso tecnológico) que crezca de manera exógena. Ambos trabajos eliminan los rendimientos marginales decrecientes que suponían los modelos neoclásicos e introducen rendimientos crecientes de los factores.

Romer (1986) establece que el conocimiento es un factor más del proceso productivo el cual incrementa la productividad marginal de las empresas, mejora su situación y propicia el crecimiento de la economía en general. El autor expone que el conocimiento muestra una productividad marginal creciente debido a las externalidades que genera. Lo anterior brinda una perspectiva diferente a los modelos neoclásicos de crecimiento exógeno:

> *En un equilibrio competitivo completamente especificado, el producto per cápita puede crecer sin límites, posiblemente a una tasa que es monotónicamente creciente en el tiempo. La tasa de inversión y la tasa de ganancia del capital pueden crecer, en lugar de decrecer, con los incrementos en el stock de capital. El nivel del producto per cápita en diferentes países no tiene por qué converger; el crecimiento puede ser persistentemente más lento en países menos desarrollados e incluso puede no ocurrir. Estos resultados no dependen de ningún cambio tecnológico exógenamente especificado o diferencias entre países. Lo que es crucial para estos resultados es el abandono del supuesto de rendimientos decrecientes.*
>
> *(Increasing Returns and Long-Run Growth 1986, p. 1003)*

A diferencia del modelo de crecimiento exógeno, el modelo propuesto por Romer (1986) adopta al cambio tecnológico como endógeno y el crecimiento económico de largo plazo está impulsado principalmente por la acumulación del conocimiento por parte de los agentes que maximizan sus beneficios. Sostiene que el nuevo conocimiento se deriva de una tecnología de investigación que exhibe rendimientos decrecientes, es decir, dado el stock de conocimiento en un determinado periodo de tiempo, duplicar la inversión destinada a la investigación tecnológica no significa que el nivel de tecnología se duplique.

El autor agrega que la inversión en conocimiento trae consigo una externalidad natural; si una empresa genera nuevos conocimientos afectará positivamente la

producción de otras empresas porque el conocimiento no se mantiene en secreto, es decir, no puede ser perfectamente patentado.

Los tres elementos fundamentales que Romer destaca de su modelo son: las externalidades, los rendimientos crecientes en la producción del producto y rendimientos decrecientes en la producción de nuevos conocimientos (para garantizar que el consumo y la utilidad no crezcan demasiado rápido), los cuales combinados son compatibles con un modelo de crecimiento de equilibrio competitivo bien definido.

A pesar de la presencia de rendimientos crecientes, existirá un equilibrio competitivo con externalidades. Este equilibrio no es un Óptimo de Pareto, pero es el resultado de un modelo positivo con buen comportamiento y es capaz de explicar el crecimiento histórico en ausencia de intervención del gobierno (Romer 1986:1004).

Es importante destacar que la aportación de Romer va más allá de las implicaciones de política económica que pueda tener, más bien, el supuesto de productividad marginal creciente es fundamental en este trabajo dado que cuestiona por completo las aportaciones de los modelos tradicionales de crecimiento exógeno y brinda elementos esenciales que sustentan la teoría del crecimiento endógeno.

Bajo la misma temática, Lucas (1988), destaca el importante papel del capital humano como motor de crecimiento de los países, haciendo notar las externalidades del capital humano como un bien de acumulación. En su obra *“On the Mecanics of Economic Growth”* de 1988 sostiene que la acumulación del capital humano cumple con una doble funcionalidad: un aumento en la productividad (efecto interno) y esto, a su vez, provoca el crecimiento de las economías (efecto externo).

El autor conceptualiza dos adaptaciones del modelo tradicional de Solow (1956) para incluir los efectos de la acumulación de capital humano. En el primer modelo conserva el carácter de un sector del modelo original centrándose en el efecto del

capital físico. En el segundo modelo examina un sistema de dos bienes que admite capital humano especializado de diferentes tipos y ofrece interesantes posibilidades para la interacción del comercio y el desarrollo.

Concluye que el segundo modelo es relevante para explicar los procesos de convergencia entre países y regiones dado que el capital humano es el factor importante para impulsar el crecimiento económico.

De esta manera, Lucas reconoce la importancia del modelo neoclásico de crecimiento exógeno de Solow, pero argumenta que no puede ser adoptado como una teoría del desarrollo puesto que no explica las diferencias significativas en las tasas de crecimiento de los países empíricamente registradas.

El autor, hace una diferencia entre hablar de "tecnología", que equivale al conocimiento humano en general y que es igual para todos los países, y hablar de "capital humano", el cual se refiere al conocimiento adquirido por grupos de personas específicos:

> *El conocimiento humano es solo humano, no japonés ni chino ni coreano. Creo que cuando hablamos de diferencias en tecnología entre países no estamos hablando de conocimiento en general, sino del conocimiento de personas en particular, o tal vez de subculturas de personas. Si es así, entonces, mientras no es exactamente erróneo describir estas diferencias con un término exógeno A, tampoco es útil hacerlo. Deseamos una formalización que nos lleve a pensar acerca de las decisiones individuales de adquirir conocimiento y acerca de las consecuencias de estas decisiones en la productividad. El cuerpo teórico que estudia esto es llamado la teoría del capital humano. […] Simplemente quiero imponer la convención terminológica de que tecnología, su nivel y tasa de cambio será usado para referirnos a algo común en todos los países […] cuyos determinantes están afuera de los límites de la presente investigación.*
>
> *(On the Mechanics of Economic Growth 1988, p. 15).*

1.3.4 Inversión en I+D

Bajo la misma línea de investigación, Romer (1990) resalta la importancia de la inversión en investigación tecnológica, como determinante del crecimiento a largo plazo. Señala que el cambio tecnológico aporta el incentivo necesario para la acumulación continua de capital por lo que, en conjunto son responsables de gran parte del incremento de la productividad. Así, el cambio tecnológico surge de las acciones intencionales realizadas por las personas que responden a los incentivos del mercado.

Freeman (1993) afirma que los países con un alto índice de competitividad son los que invierten en inversión y desarrollo, ciencias básicas y aplicadas, inversión en equipos y formación de recursos humanos. Sobre el mismo cometido, Grossman y Helpman (1994) argumentan que la innovación sostiene la acumulación de capital y el crecimiento y, defienden el valor del capital humano en el largo plazo, por lo que una economía con mayor mano de obra podría emprender más I+D generando una mayor tasa de productos innovadores.

1.3.5 La convergencia en los modelos de crecimiento endógeno

Previamente se ha establecido que uno de los resultados más importantes de los modelos neoclásicos del crecimiento exógeno es que predicen la convergencia condicionada a que los países tengan los mismos parámetros que identifican el estado estacionario (la tasa de ahorro, depreciación y crecimiento de la población). Por otro lado, también se ha descrito que la teoría del crecimiento endógeno destaca que el ingreso per cápita puede crecer sin límites dependiendo del nivel de inversión en investigación tecnológica.

Con lo anterior, es relevante destacar que en el mundo, las economías no poseen la misma habilidad de invertir en innovación tecnológica, por lo que, una vez que la innovación se introduce en el modelo del crecimiento surge una interrogante fundamental que radica en la capacidad de los países pobres para alcanzar a los ricos. Dado que no todos los países pueden acceder a las mismas tecnologías ni son capaces de atraer los mismos flujos de inversión, los modelos

del crecimiento endógeno no alcanzan a predecir la convergencia pero, como se verá no niegan su existencia.

Es decir, en estos modelos la difusión tecnológica definirá las posibilidades de convergencia en aquéllos países que recurren a la endogeneización del progreso tecnológico. En este sentido será fundamental examinar el grado de rapidez de la difusión y la capacidad de los países seguidores de absorber el conocimiento técnico producido por los países líderes.

De acuerdo con Galindo y Escot (1998), la hipótesis de *catch-up* implica que gracias a la difusión de la tecnología internacionalmente disponible cuanto mayor sea la diferencia tecnológica entre el país líder y el país seguidor, mayores serán las mejoras potenciales que se podrán introducir en los procesos productivos del país seguidor, y por tanto mayor será también el crecimiento potencial de éste frente al del país líder.

Con lo anterior se define que la imitación tecnológica constituye un estímulo al crecimiento económico, que a su vez es proporcionada por la difusión realizada de forma voluntaria por sus propietarios. Es más, la imitación es, en sí misma, algo más que una simple copia, representando a menudo un paso en la innovación. De hecho, mirado desde el lado contrario, prácticamente toda invención conlleva una considerable dosis de imitación (Baumol, 2004).

En esta temática, Grossman y Helpman (1991) diferencian dos tipos de conocimientos: el general y el específico. Para ser difundido, el primero depende de la capacidad de los entes encargados de llevar a cabo dicha tarea de traspasar y transferir el conocimiento, en cambio, el segundo de la imitación que, a su vez, depende de los costos generados por las leyes de patentes dentro del análisis costo/beneficio del empresario imitador, así como el costo de aprendizaje de aquel conocimiento.

Considerando lo anterior, es esencial destacar que los modelos de crecimiento endógeno no se separan totalmente de la posibilidad de convergencia, no obstante, según algunos autores, le asignan un valor muy importante a la

capacidad de las economías pobres de ampliar las externalidades tecnológicas, a la importación de tecnología y por supuesto a la capacidad de imitación.

1.4 Comentarios finales

En este capítulo se presentaron los enfoques teóricos sobre la forma en que la innovación impacta en la actividad económica. Como se revisó, estas posturas presentan diferencias importantes en los supuestos que las respaldan. Por un lado la teoría neoclásica de crecimiento exógeno considera el progreso tecnológico como exógeno a la dinámica de producción. La empresa que se representa como una función de producción tiene limitada su disponibilidad tecnológica. Por otro lado desde el enfoque endógeno se flexibilizan algunos de los supuestos neoclásicos que permiten analizar la innovación desde otra perspectiva. Aunque la empresa sigue representándose por funciones de producción la tecnología se percibe como un elemento endógeno al sistema económico, por lo que se introducen nuevos factores capaces de incidir directamente sobre el nivel de actividad económica.

Capítulo 2

Aspectos conceptuales, contextualización y antecedentes empíricos de la innovación en América Latina.

Introducción

El presente capítulo se plantea tres objetivos principales: primero precisar algunos aspectos conceptuales, tipos y características (sectoriales y regionales) de la innovación; posteriormente se lleva a cabo una profunda contextualización en la región que permite establecer un panorama general de la distribución de la innovación en los países de América Latina; finalmente se comentan algunos trabajos empíricos sobre los determinantes de la innovación y esta última como determinante en los países de la región. En la primera sección del capítulo se mencionan los conceptos de innovación que hasta ahora no habían sido tratados,

también basados en el Manual de Oslo se definen las principales características de los distintos tipos de innovación, con esto, se hace una diferenciación de la forma y estructura de la innovación tecnología y no tecnológica. Este mismo apartado muestra algunas características sectoriales y regionales de la innovación que se consideran fundamentales para el desarrollo de la presente investigación.

Si bien, esta investigación se enfoca en el periodo 2006-2017, la segunda parte del capítulo detalla una contextualización de la innovación en la región para el periodo 2006-2015.[9] El planteamiento de este comparativo permite tener una perspectiva sobre las características que definen la heterogeneidad de la innovación en los países de la región a través de indicadores relacionados con la inversión en innovación así como de los resultados obtenidos en esta materia.

En la última parte del capítulo se realiza una revisión de trabajos empíricos realizados en el campo de la innovación a nivel Latinoamérica. Con ello se describen los avances más relevantes al respecto, pero también esto implica contrastar los trabajos más recientes en la región en el ámbito de la innovación para poder destacar las aportaciones de esta investigación. Cabe hacer mención qua las aplicaciones empíricas aquí desarrolladas se enfocan en analizar el impacto de la innovación en el crecimiento para los países de América Latina, mientras que otro grupo de investigaciones se enfoca en el análisis de los determinantes de la innovación a nivel empresa en estos países.

Es importante destacar los siguientes aspectos: en la revisión empírica no se encontró un trabajo previo que analice la distribución de la innovación de los países en América Latina; además los trabajos que abordan la innovación son escasos y en su mayoría no contemplan a todos los países de la región sino que solo algunos son contemplados por tener mayor niveles de innovación o porque cuentan con indicadores que pueden ser contrastados con otros países.

[9] 2015 fue el último año disponible en la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

2.1 El contenido y las facetas de la innovación

En el capítulo anterior se consideró la innovación desde un enfoque teórico general sin hacer una distinción en cuáles son los límites de ésta. Por ello, es necesaria una definición más precisa del concepto, que presente múltiples facetas, pero sobretodo delimitar el concepto de innovación ya que no siempre los mecanismos de medición están bien establecidos, lo que ha llevado a la realización de una inadecuada cuantificación de este fenómeno. Además es importante identificar los tipos de innovación que existen

2.1.1 Concepto de innovación

En la literatura existen múltiples definiciones sobre innovación, no obstante, en esta investigación se toma en cuenta la definición del "Manual de Oslo" que considera a la innovación como …"*la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores (OCDE-Eurostat, 2005: 56)."*

Sin embargo se especifica que esta definición global podría implicar una amplia gama de innovaciones, por lo que es bueno diferenciar entre dos formas de innovación: la tecnológica que considera mejoras en el producto o proceso productivo y la no tecnológica que engloba aquellas innovaciones en la comercialización, organización interna de la empresa y las practicas gerenciales.

De acuerdo con la OCDE-Eurostat (2005), una característica común en todo tipo de innovaciones es que estas deben ser introducidas. De esta manera, un nuevo producto se ha introducido cuando se lanza al mercado; un nuevo método de comercialización, organización o práctica gerencial se ha introducido cuando efectivamente ha sido utilizado en el marco de las operaciones de una empresa. Por lo que la puesta en práctica de alguna de estas actividades dentro de las empresas las hace que estas sean innovadoras.

2.1.2 Principales tipos de innovación

En el Manual de Oslo se distinguen cuatro tipos de innovación (OCDE-Eurostat, 2005):

- Innovaciones de producto
- Innovaciones de proceso
- Innovaciones de mercadotecnia
- Innovaciones de organización

Cabe señalar que se hace una distinción para separar los conceptos relacionados a la innovación tecnológica y no tecnológica. Mientras que los dos primeros están estrechamente relacionados con los lineamientos de la innovación tecnológica, los dos últimos conforman el grupo de innovaciones no tecnológicas.

*"Una **innovación de producto** corresponde a la introducción de un bien o servicio, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina…" (OCDE-Eusostat, 2005: 58).* Es útil destacar que el término "producto" incluye a su vez las mejoras que se hagan en los bienes y servicios en términos de eficiencia y rapidez en su utilización.

*"Una **innovación de proceso** es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución; lo que implica cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos" (OCDE-Eusostat, 2005: 59).* En este sentido, una innovación de proceso tiene que ver con las técnicas, herramientas, maquinaria y equipo así como programas informáticos utilizados en el proceso de producción para la elaboración del bien final. Por lo tanto una mejora en cada uno de estos mecanismos implica innovación tecnológica. Con lo anterior se busca, reducir costos, mejorar la calidad, e incrementar la productividad.

*"Una **innovación de mercadotecnia** es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos de diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, su promoción o su tarificación" (OCDE-Eusostat, 2005: 60).* La innovación de mercadotecnia se enfoca en satisfacer de mejor manera las necesidades de los consumidores, a través de mejoras en el posicionamiento de un producto que anteriormente no utilizaba la empresa. Cabe señalar que la introducción de nuevos métodos de comercialización puede referirse a un producto nuevo o uno ya existente, por lo tanto forma parte de la innovación no tecnológica.

*"Una **innovación de organización** es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa" (OCDE-Eusostat, 2005: 62).* Entre estos cambios organizacionales podrían entran aquellos concernientes a reducir costos administrativos así como la introducción de prácticas para mejorar el aprendizaje y la distribución del conocimiento en la empresa.

2.1.3 Características sectoriales de la innovación

De acuerdo con la OCDE-Eurostat (2005) la atención que se le pone a la innovación en los sectores productivos con bajo contenido tecnológico es escasa en comparación con las actividades económicas con un nivel alto de tecnología. No obstante, es fundamental enfatizar que fomentar la innovación en los sectores con escaso volumen tecnológico puede tener un impacto significativo en el crecimiento económico a causa del peso que representan en la economía total.

Por lo anterior, es importante diferenciar los elementos que estimulan la innovación en los dos tipos de sectores productivos (alto y bajo contenido tecnológico). Bajo este contexto, en los sectores de alta tecnología, la I+D desempeña un papel central en las actividades de innovación, mientras que los sectores con bajo contenido tecnológico podrían apoyarse más en la adopción del conocimiento y tecnología. En otras palabras, la absorción de tecnología a nivel empresarial podría desempeñar un mayor impacto que la I+D en los sectores cuyo nivel tecnológico es bajo (característica de los países latinoamericanos). Lo

anterior podría explicar por qué en los países con mayor desarrollo las actividades de I+D concentran la mayor parte del gasto en innovación mientras que en los países subdesarrollados la relación es inversa.

Una característica común de los países de la región es que las empresas realizan una escasa inversión en I+D; esto sucede porque su tamaño es pequeño y pertenecen a sectores económicos que no dependen de la ciencia, es decir, en su mayoría, las empresas de la región se dedican a actividades productivas con un bajo contenido tecnológico. De acuerdo con la Organización de Estados Iberoamericanos (2012) esto se debe a que más del 80% de las empresas son fundamentalmente microempresas de menos de 10 empleados y una proporción superior al 75% pertenecen a sectores tradicionales y de baja tecnología. Además, el 28% de la población ocupada en América Latina se desempeña como trabajador por cuenta propia. Es decir, muchos de los emprendedores son, en realidad, autoempleados que operan establecimientos de escala reducida, y en gran medida dentro de la informalidad (Berniell, 2013).

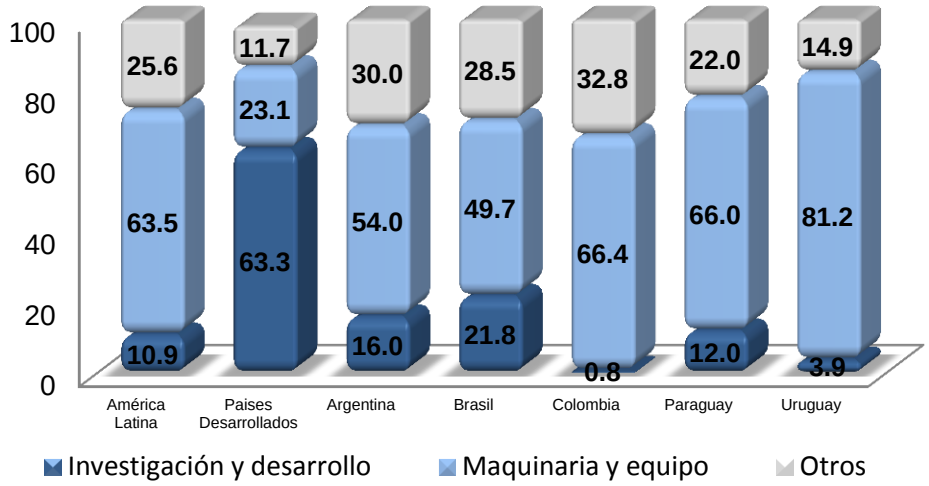
Por ello, las encuestas de innovación permiten argumentar que en América Latina la innovación se concentran en la adquisición de tecnología incorporada, mediante la compra de bienes de capital y equipos (véase Gráfica 2.1).[10] Esto permite que las empresas de la región innoven en el proceso productivo dado que un equipo mejorado que incorpora tecnología desarrollada en otros países le permite realizar la misma actividad con mayor eficiencia y productividad.

De esta manera, la progresividad de la innovación y la adopción de innovaciones son las características más destacadas de los sectores con bajo o medio contenido tecnológico y por lo tanto las actividades de innovación se orientan hacia la eficiencia de la producción, la diferenciación de productos y su comercialización (Von Tunzelmann y Acha, 2005).

[10] El componente "otros" incluye el gasto en actividades necesarias para que se dé la innovación en alguna de sus formas o que ocurra la adopción tecnológica. Ejemplos: capacitación del personal.

Si bien, el bajo nivel de esfuerzos relativos en I+D pone de manifiesto el escaso compromiso de las empresas de América Latina con este tipo de actividades, sin embargo, el hecho de que el gasto se concentre en la adquisición de maquinaria y equipo resulta lógico en un contexto de procesos productivos de mayor retraso tecnológico (OEI, 2012).

Grafica 2.1 Composición del gasto en innovación



Fuente: Elaboración propia con información del Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

2.1.4 Redes regionales de innovación

Uno de los postulados más importantes que examina los polos de desarrollo es el planteado por Perroux et al (1973). En esta consideración los autores sostienen que el desarrollo no se presenta en cualquier lugar ni momento, sino que se manifiesta en un tiempo y territorio muy específico con un nivel determinado de intensidad. Como consecuencia se modifica la estructura de las economías locales al provocar economías de escala y aglomeración. Así, el desarrollo y la competitividad generados por lazos o redes provenientes de un núcleo económico desarrollado innovador posibilitan la existencia de otros similares.

Por tal razón, es importante destacar que los factores regionales pueden influir en la capacidad de innovación de las empresas. En este sentido, la presencia de instituciones públicas de investigación local, de grandes empresas dinámicas y de

agrupaciones industriales fungen como estancias fundamentales para una adecuada sociedad del conocimiento y pueden influir en los resultados de las regiones en cuanto a innovación (OEI, 2012).

Jasso y Esquer (2007) señalan la importancia de las redes regionales de innovación porque estas estimulan la productividad y la competitividad a través de un conjunto de instituciones y empresas como centros de investigación, universidades, consultores, proveedores que, al interactuar comparten información, conocimiento y habilidades para resolver problemas, difundir nuevas tecnologías y crear innovaciones.

No obstante no todas las regiones tienen la misma capacidad de absorber la tecnología y el conocimiento por lo que se exhibe una divergencia en el nivel de actividad innovadora entre estas. Por ello, es importante identificar los principales factores que estimulan el nivel de actividad innovadora a escala regional para comprender los procesos de innovación y así tener los elementos necesarios para formular políticas de innovación apropiadas a una región en particular y obtener el mayor provecho de los factores potenciales en esta materia. Este análisis se lleva a cabo en el capítulo cinco de esta investigación.

2.2 Desempeño comparativo de la innovación en América Latina

El desempeño de la innovación en las regiones puede ser medido principalmente mediante dos tipos de indicadores. El primero implica examinar las tendencias de los parámetros que vinculan la inversión en innovación, básicamente significa medir los insumos necesarios para la innovación, tales como los gastos en I+D y el número de investigadores. El segundo tipo tiene que ver con el conocimiento y resultados de la innovación, los cuales miden qué tan relevante ha sido la inversión en materia de innovación a través de variables como publicaciones científicas, patentes, centros de investigación etc. En las siguientes secciones se presenta un análisis comparativo del desempeño en América Latina con respecto a estos dos tipos de indicadores. Adicionalmente se plantea el panorama de la formación en educación superior de los países de la región en los últimos años en la parte inicial de esta sección.

2.2.1 Panorama de la educación superior

Las instituciones de educación superior, en particular las universidades, son clave de la sociedad del conocimiento. La universidad es la única capaz de cubrir todas las fases del proceso del conocimiento, desde su creación hasta su atesoramiento, su transmisión y difusión social (OEI, 2012).

No obstante, entre los países de América Latina existen diferencias muy marcadas en el nivel de formación en educación superior. Este problema tiene su origen desde la desigualdad en la infraestructura y equipamiento de los centros de educación hasta la cúspide del conocimiento que recae en la capacidad y calidad de la investigación científica.

Sin duda estos problemas están asociados a la fragmentación de los sistemas educativos en los países latinoamericanos, ya que la existencia de distintos niveles de enseñanza implica diferentes oportunidades de formación educativa que profundiza las distancias en el nivel de educación entre los estudiantes de un país en particular.

Sin embargo, de acuerdo con la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) existe un problema más crítico para los desafíos que enfrentan las economías de América Latina. El mejoramiento de la calidad educativa está asociado con la necesidad de promover la vocación científica y tecnológica en las nuevas generaciones.

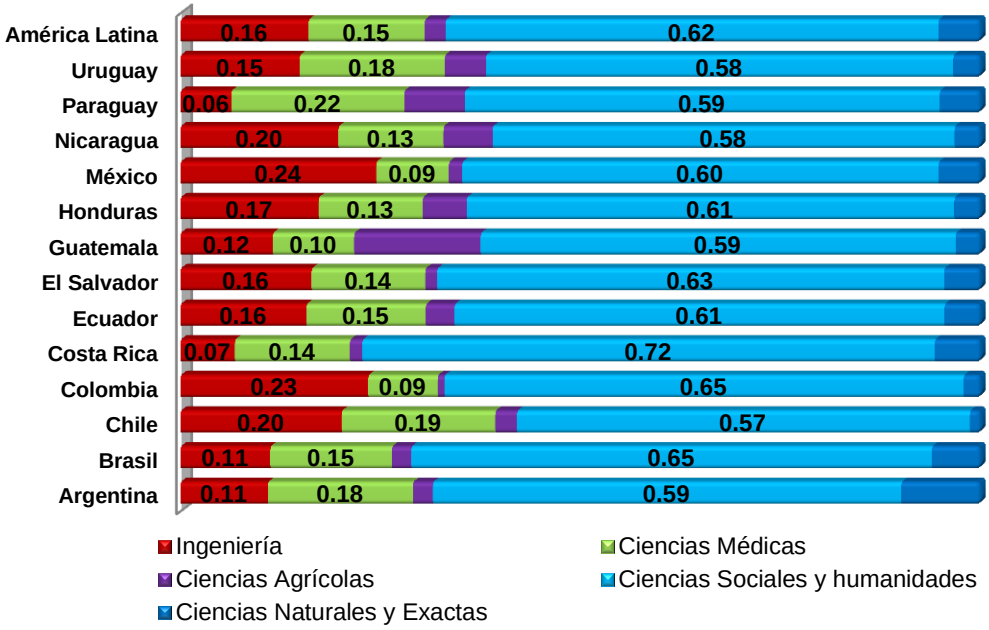
Bajo este contexto las Metas Educativas 2021 (OEI, 2010) abordan esta preocupación y señalan claramente la importancia de aumentar el porcentaje de jóvenes que optan por una formación científica o técnica al finalizar sus estudios obligatorios. La meta específica 12 de este proyecto proponía que para el año 2015 la proporción de estudiantes interesados por la ciencia debería aumentar en un diez por ciento y en un veinte por ciento para 2021. Hasta el momento, en el informe sobre el avance de las Metas Educativas presentado en 2016 se informó que en 2015 la elección de los alumnos por los estudios científicos y técnicos aumentó en un 10%.

En este sentido es importante incentivar el interés por las ciencias e ingenierías a los estudiantes latinoamericanos que concluyen la educación media superior. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en la mayoría de los países latinoamericanos la mayor parte de la innovación está más vinculada con la transferencia de tecnología que con la creatividad, por lo que contar con personal altamente especializado y bien capacitado en estos rubros es un recurso indispensable para generar vínculos entre empresas, laboratorios e instituciones académicas que faciliten la adaptación de innovaciones a las condiciones locales.

No obstante la Gráfica 2.2 muestra una significativa heterogeneidad respecto de la disponibilidad de ingenieros en las economías latinoamericanas. Los datos de 2015 revelan que México, Colombia y Chile rebasan por mucho el promedio de la región teniendo un 24, 23 y 20 por ciento de títulos en ingeniería respectivamente. De acuerdo con el BID (2010) estos países están a la par del promedio de la OCDE en cuanto a la proporción de títulos en ingeniería como porcentaje del conjunto de nuevos títulos de educación superior, mientras que otros países como Brasil y Argentina están muy por debajo de la media regional (11 por ciento), así como del promedio de los países de la OCDE.

Las ciencias sociales y humanidades predominan en gran medida en el total de los nuevos títulos de educación superior rebasando el 60 por ciento en la mayoría de los casos (véase Gráfica 2.2). De acuerdo con datos proporcionados por la Red Interamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), durante el período 1995-2015 se observa un despegue de las ciencias sociales respecto al resto de las áreas del conocimiento, con un aumento en su participación del 53.5 al 55.5 por ciento. En cambio, las ingenierías sufrieron disminuciones en la participación respecto al total de 22.7 que representaban en 1995 a 15.7 en 2015.

Grafica 2.2 Títulos de licenciatura, 2015 (o último año disponible) como porcentaje de todos los nuevos títulos.[11]



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Lo anterior debe convocar a reflexión a las autoridades competentes en materia educativa de los países de la región ya que la ingeniería desempeña un papel fundamental en las actividades de innovación porque constituye un requisito indispensable para la creación de productos completamente nuevos que fortalece el progreso tecnológico de los países. Si bien, algunos países de América Latina cuentan con programas de ingeniería del más alto nivel, el desarrollo de la profesión sigue siendo muy desigual, tanto entre países como en el interior de cada país (BID, 2010).

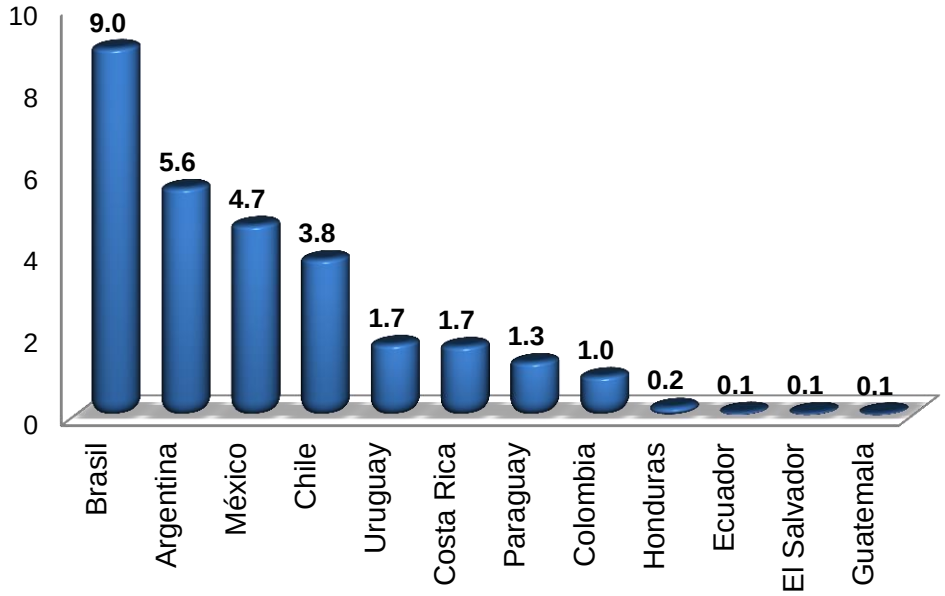
Aunado a lo anterior, es importante examinar el grado de heterogeneidad en los países de la región en cuanto al número de personas graduadas con doctorados por cada 100,000 habitantes. Este indicador es útil para tener una perspectiva más amplia de la calidad y profundidad de los conocimientos del capital humano con que cuentan los países. La Gráfica 2.3 muestra que la distribución es sumamente desigual a lo largo de la región. Los doctorados son mucho más numerosos en

[11] Los datos disponibles más recientes son: para Panamá, 2011; para Nicaragua, 2012 y Ecuador, 2014.

países como Brasil, Argentina, México y Chile (con 9, 5.6, 4.7 y 3.8 doctorados por cada 100,000 habitantes), mientras que otros países, como Guatemala, El Salvador y Ecuador están mucho más rezagados (con menos de 1 doctorado por cada 100,000 habitantes). Esta es la desigualdad que se presenta en la región, no obstante si este indicador se analiza en un contexto internacional se aprecia el enorme retraso que se registra incluso en los países más avanzados de América Latina con respecto a los países desarrollados como España y Estados Unidos que tienen cerca de 15 y 18 doctorados por cada 100,000 habitantes respectivamente.

La heterogeneidad existente y la baja tasa de formación de doctores están fuertemente ligadas a las diferentes estructuras y cobertura del sistema educativo entre los países de la región y además escasa en los países centroamericanos donde los alumnos de educación superior no tienen acceso a universidades de excelencia. Mientras que en países como Brasil y, en menor medida, Argentina, México, Chile y Colombia tienen pocas universidades que se ubican entre las mejores del mundo.

Gráfica 2.3 Número total de doctorados por cada 100,000 habitantes, 2015

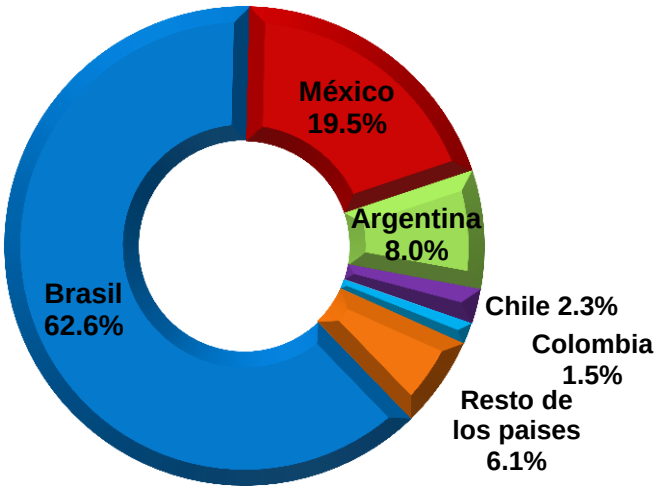


Fuente: Cálculos propios con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

El hecho más sorprendente de todos lo muestra la distribución por país de los nuevos graduados con títulos de doctor en ciencias. La Gráfica 2.4 da cuenta de la distribución porcentual del número total de doctores en América Latina. Esta gráfica con base en información de 2015 muestra que Brasil generó el 62.6 por ciento de los doctores, seguido por México y Argentina con el 19.5 y 8.0 por ciento respectivamente. Cabe señalar que solo estos tres países concentran más del 90% de la producción de nuevos doctores en ciencias en la región.

Dado que el 10 por ciento es generado por el resto de los países, este hecho debe llamar a la reflexión de los planificadores de estos países para implementar instrumentos y mecanismos que estimulen la generación de recursos humanos altamente calificados en actividades científicas y tecnológicas (Lemarchand, 2010).

Gráfica 2.4 Países seleccionados: Distribución porcentual del número total de doctorados en la región, 2015.



Fuente: Cálculos propios con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Además de considerar el número total de doctorados y su distribución es importante examinar la calidad de las instituciones del sector académico que realizan I+D y forman investigadores, personal técnico y científico. Los países desarrollados cuentan con las mejores universidades de excelencia en el mundo dado que poseen mayores capacidades tecnológicas e innovadoras.

El Cuadro 2.1 presenta la clasificación generada por el Laboratorio de Cibermetría del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, de las 400 mejores universidades del mundo 130 se ubican en los Estados Unidos y 38 en el Reino Unido, las que en conjunto representan un 42 por ciento del total, frente a un 42 por ciento en Europa, 14 por ciento en Asia y el resto en otros países industrializados.

América Latina tiene 8 universidades dentro de las 400 mejores, lo que apenas representa un 2% del total. Brasil es el país mejor posicionado en la región con cinco universidades, seguido por la Argentina, Chile y México, con un promedio de solo una universidad dentro de las 400 mejores. Se observa que solo la Universidad de Sao Paulo en Brasil y la Universidad Nacional Autónoma de México en este país se concentren en los primeros 200 puestos lo cual resalta la necesidad de aumentar la calidad de las instituciones de formación superior.

Cuadro 2.1 Universidades de América Latina incluidas dentro de los primeros 400 puestos en el ranking mundial Fuente: www.webometric. info (Julio 2018).

Ranking América Latina	Ranking Mundial	Universidad	País	Presencia	Impacto	Apertura	Excelencia
1	**72**	Universidad de São Paulo USP	**Brasil**	6	127	136	76
2	**128**	Universidad Nacional Autónoma de México	**México**	2	77	283	338
3	**239**	Universidad Federal de Rio de Janeiro	**Brasil**	255	180	341	355
4	**285**	Universidad Estatal de Campinas UNICAMP	**Brasil**	150	294	355	336
5	**362**	Universidad Federal do Rio Grande do Sul UFRGS	**Brasil**	36	389	569	426
6	**371**	Universidad de Chile	**Chile**	149	321	587	465
7	**393**	Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho	**Brasil**	36	666	272	395
8	**396**	Universidad de Buenos Aires	**Argentina**	166	446	566	438
9	**437**	Universidad Federal de Minas Gerais UFMG	**Brasil**	195	593	527	471
10	**439**	Universidad Federal de Santa Catarina UFSC	**Brasil**	9	361	891	661
11	**521**	Universidad Nacional de la Plata	**Argentina**	34	510	852	682
12	**559**	Pontificia Universidad Católica de Chile	**Chile**	494	885	1306	440

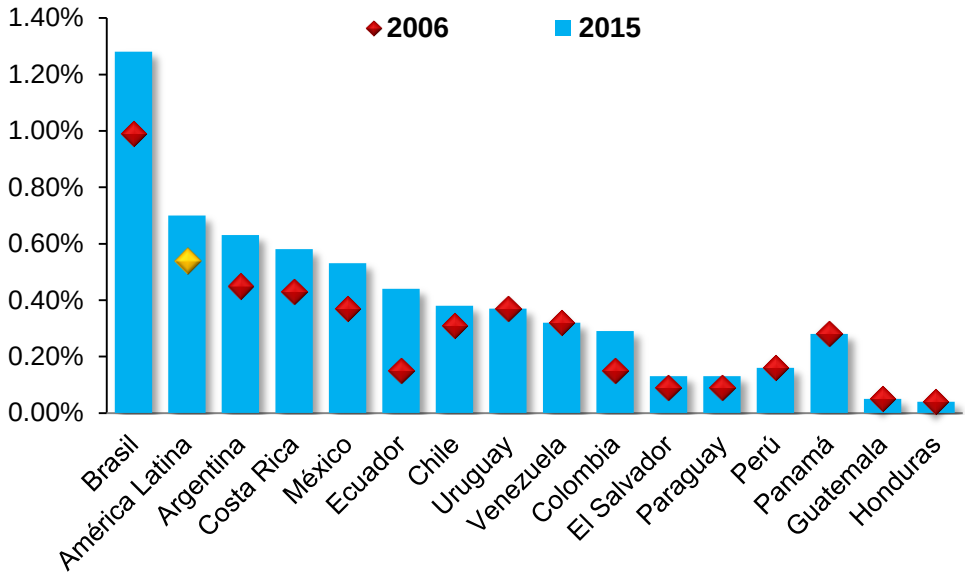
Fuente: Elaboración propia con información de Laboratorio de Cibermetría del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España.

2.2.2 Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D)

El gasto en investigación y desarrollo (I+D) es uno de los principales factores que incentiva el crecimiento económico de los países. Para medir la intensidad de inversión en este rubro se utiliza un indicador que expresa el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) invertido en I+D.

Si bien, en los últimos años los países de América Latina han presentado avances en esta materia el nivel de gasto en I+D continúa siendo considerablemente menor que en las economías más desarrolladas. De acuerdo con estimaciones de la RICYT para 2015 la inversión en I+D en la región se ubicó en 0.70 por ciento del PIB, un ligero incremento si consideramos que en 2006 este gasto representó el 0.54 por ciento. Aunque se observa un aumento en este gasto, el crecimiento medio anual ha sido muy bajo en la región; entre 2006 y 2015 dicha inversión creció en América Latina a una tasa media anual del 2.9 por ciento.

Gráfica 2.5 Gasto en I+D como porcentaje del PIB, 2006 (o año más cercano disponible) y 2015 (o año más reciente disponible).[12]



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

[12] Los datos disponibles más cercanos a 2006 son: para Perú y Honduras, 2004; para Paraguay, 2005 y para Chile y El Salvador, 2007. Los datos disponibles más recientes son: para Ecuador y Venezuela, 2014.

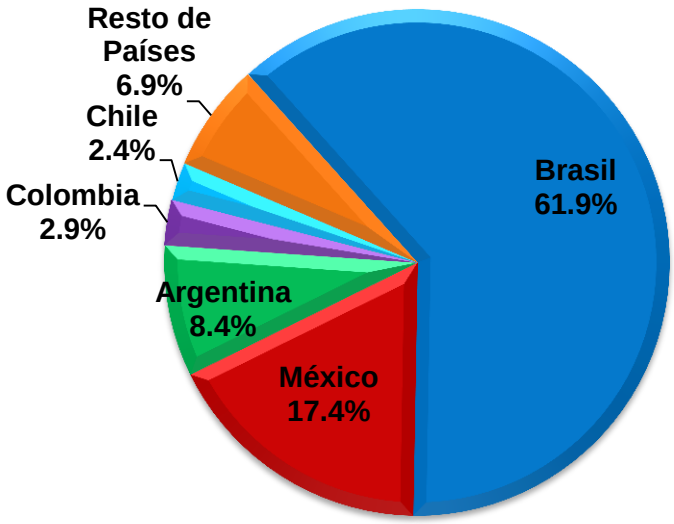
En la gráfica 2.5 se presenta la marcada heterogeneidad que existe en los países en cuanto al porcentaje del PIB que destinan al gasto en I+D. Este hecho obliga a resaltar el caso de Brasil como único país de la región que destina más del 1 por ciento del PIB en ese rubro, mientras que países como Guatemala y Honduras no rebasan el 0.1 por ciento.

También se observa que en los últimos diez años, los países que lograron incrementos en el porcentaje que destinaron al gasto en I+D son: Brasil, Argentina, Costa Rica, México, Ecuador y Chile, mientras que los que no tuvieron aumentos en este periodo se encuentran: Uruguay, Venezuela, Perú, Panamá, Guatemala y Honduras.

Estos resultados deben ser analizados con precaución, ya que la mayoría de los esfuerzos que se realizan están concentrados en pocos países. Este análisis se puede considerar si analizamos la participación en el gasto en I+D de los países en el gasto total en I+D de la región. Bajo este entendido, en 2015, casi el 62% de los gastos en I+D se realizaron en Brasil, país que destinó el 1.28% del PIB en este gasto para el mismo año, la cifra más alta en América Latina. Brasil es seguido en este aspecto por México quien representa el 17.4 por ciento, Argentina con 8 por ciento y Colombia y Chile con un 2.9 y 2.4 por ciento respectivamente (véase Grafica 2.6).

Esta información confirma la baja propensión de los países latinoamericanos a invertir en I+D, con excepción de Brasil, México, Argentina, Chile y Colombia que a pesar de tener mayores niveles de inversión en este rubro no alcanzan los niveles de innovación de los países más desarrollados. Al mismo tiempo, estos datos amplían el contexto de la gran heterogeneidad de las economías de la región, que se verá reflejada en la mayoría de las variables relacionadas con la innovación y las capacidades tecnológicas que se examinan en este capítulo.

Gráfica 2.6 Participación en el gasto en I+D expresada como porcentaje del gasto total en I+D en América Latina, 2015 (medido en millones de PPP).



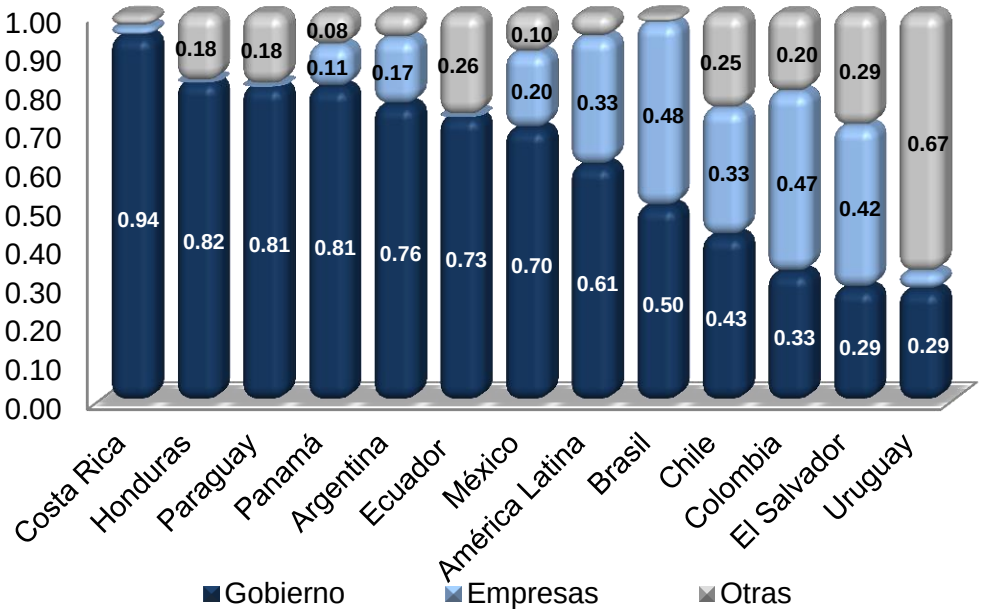
Fuente: Cálculos propios con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Otra característica muy importante a destacar es el gasto en I+D por fuente de financiamiento. Una particularidad de América Latina es que la participación de las empresas en la inversión en I+D es muy baja en la región si la comparamos con los países de mayor desarrollo tecnológico. Según cifras de la OCDE en 2015, el gasto que generó el sector empresarial en Estados Unidos representó el 85 por ciento del total, en Alemania el 89 por ciento y en Japón 98 por ciento. Para este mismo año la participación de las empresas en el financiamiento de I+D alcanzó el 33 por ciento del gasto total en la región latinoamericana.

Al considerar cada economía en particular, Brasil, Colombia y Chile fueron los países que registraron mayor participación del sector empresarial en el financiamiento de la I+D alcanzando tasas superiores al 40 por ciento y homologándose con países desarrollados como Canadá y España los cuales tuvieron una participación de las empresas del 44 y 45 por ciento en el gasto total de I+D. Cabe señalar que para este mismo año sorprendió el caso particular de El Salvador ya que alcanzó una tasa del 42 por ciento del sector empresarial, cuando en años anteriores esta cifra no lograba el 1 por ciento. Los países con la menor

participación del sector empresarial en el financiamiento de I&D son Honduras, Paraguay y Ecuador, con menos del 1 por ciento (véase Grafica 2.7).

Gráfica 2.7 Gasto en I+D por fuente de financiamiento, 2015 (o ultimo año disponible).[13]



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Nota: Educación Superior, Organizaciones sin Fines de Lucro y Extranjero fueron combinados para formar la categoría "Otras".

Al considerar los sectores de ejecución del gasto en I+D, en las economías más desarrolladas predomina el sector empresarial como principal ejecutor. En cambio, en los países de América Latina los agentes más importantes son el sector educacional y el gobierno. Esto muestra el débil compromiso del sector productivo con la innovación y el cambio tecnológico como motores del crecimiento económico.

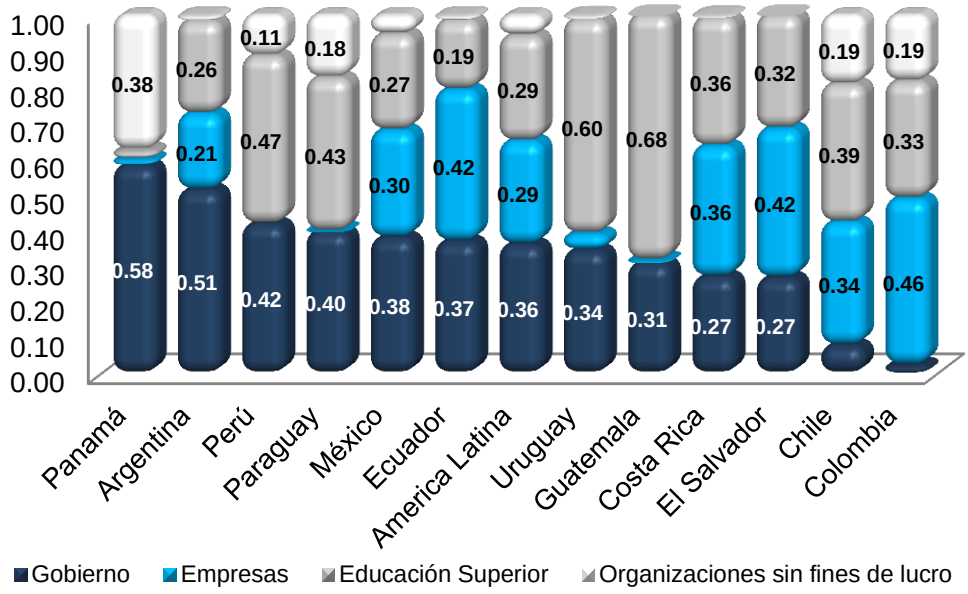
La Gráfica 2.8 muestra que en varios países de la región, entre los que se destacan Colombia, Ecuador, El Salvador, Costa Rica, Chile y México, el sector empresarial ha elevado considerablemente su participación en la ejecución del gasto en I+D logrando tener una participación mayor al 30 por ciento del total. Por

[13] Los datos disponibles más recientes son: para Panamá, 2013 y Ecuador, 2014.

otro lado, en otros países como Panamá, Argentina, Perú y Paraguay, el principal agente es el sector público. Para 2015 estos países poseen una participación del sector publico superior al 40 por ciento del total del gasto en I+D.

Sobre lo anterior, el BID (2010) sostiene que aunque la I+D del sector público ha contribuido a descubrimientos tecnológicos importantes, una concentración alta de la inversión en este sector, impacta menos sobre la productividad industrial. Por lo que es importante que el sector empresarial tenga mayor presencia en la ejecución del gasto en los países de la región.

Gráfica 2.8 Gasto en I+D por sector de ejecución, 2015 (o ultimo año disponible).[14]



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Finalmente se considera examinar el gasto por tipo de investigación puesto que este indicador brinda una perspectiva general sobre el tipo de investigación que predomina en los países. De acuerdo con el BID (2010) existen tres tipos de investigación:

[1]. Investigación básica: es el trabajo sistemático original, teórico o experimental destinado a incrementar el conocimiento de un fenómeno o hecho sin considerar una aplicación práctica o directa.

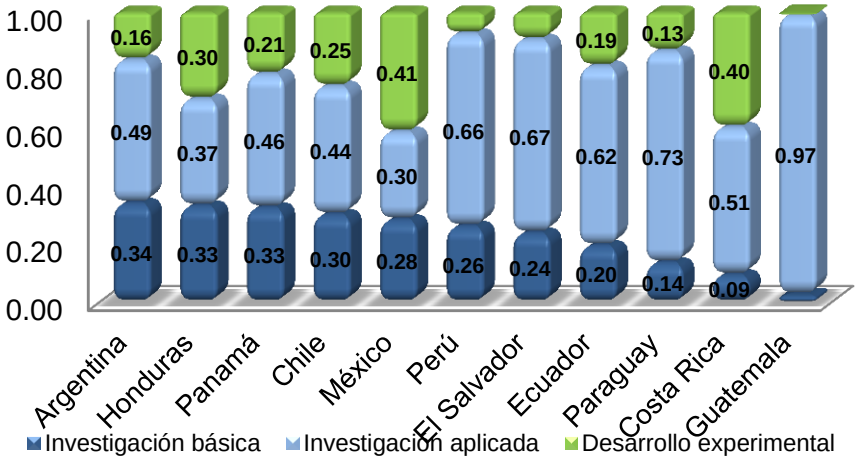
[14] Los datos disponibles más recientes son: para Panamá, 2013 y Ecuador, 2014.

[2]. Investigación aplicada: consiste en un trabajo sistemático original, pero, a diferencia de la anterior, tiene como fin resolver una necesidad o problema práctico específico.

[3]. El desarrollo experimental: está orientado a la producción nueva o mejorada de materiales, productos, dispositivos, procesos o sistemas.

En los países tecnológicamente avanzados predomina el desarrollo experimental como proporción del gasto en I+D dedicando entre el 60% y el 80% de su inversión en este rubro. Las economías latinoamericanas dedican una fracción mayor del gasto en I+D a la investigación básica y aplicada, por lo que al desarrollo experimental se le dedica una proporción significativamente menor. La Gráfica 2.9 muestra que al igual que las variables anteriores existen diferencias considerables: en Guatemala y Paraguay hay un fuerte sesgo hacia la investigación aplicada (se destina más del 70 por ciento del total de I+D) mientras que países como México y Costa Rica invierten un 40 por ciento en desarrollo experimental. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en los países más avanzados, la inversión en desarrollo experimental no se realiza en empresas, sino en laboratorios o centros de investigación.

Grafica 2.9 Gasto en I+D por tipo de investigación, 2015 (o ultimo año disponible).[15]



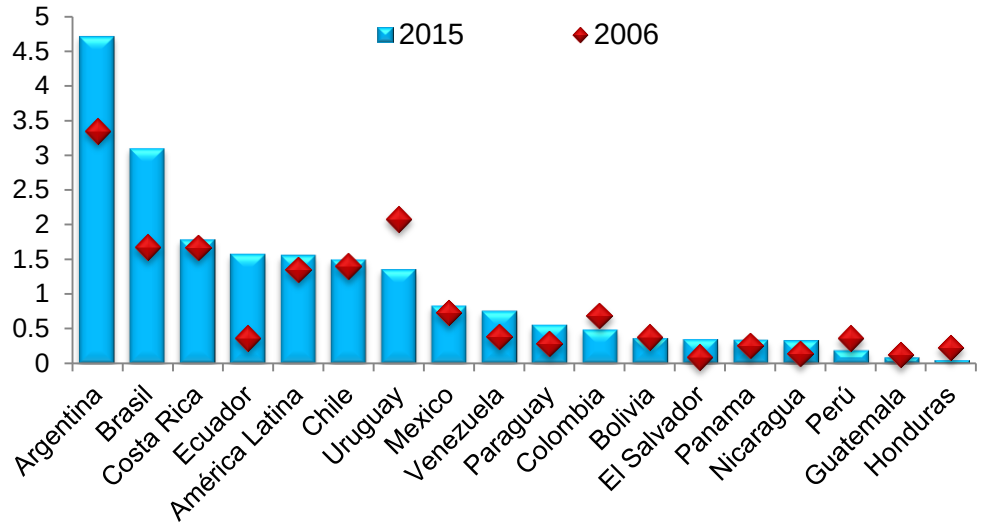
Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

[15] Los datos disponibles más recientes son: para Panamá, 2013 y Ecuador, 2014.

2.2.3 Capital humano para la I+D

De acuerdo con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología en 2015, América Latina tenía en promedio 1.5 investigadores por cada 1,000 trabajadores de la población económicamente activa (PEA). Por razones obvias este indicador es muy bajo comparado con los países tecnológicamente avanzados. Por ejemplo en este mismo año España tenía 9.3 y Portugal 15.5 investigadores por cada 1000 integrantes de la PEA. Entre los países de la región, Argentina tiene la cifra más alta, con 4.7 investigadores por cada 1,000 trabajadores, seguido de Brasil y Costa Rica con 3.1 y 1.7 respectivamente. Guatemala y Honduras muestran los números más bajos, pues allí la tasa de investigadores por cada 1,000 trabajadores de la PEA es menor a 0.10. También se observa el avance en esta materia de algunos países como Argentina, Brasil y Ecuador mientras otros se han quedado estancados o incluso han empeorado en este indicador en los últimos diez años como: Uruguay, Colombia, Perú y Honduras (véase Gráfica 2.10).

Gráfica 2.10 Investigadores por cada 1,000 integrantes de la fuerza laboral en 2006 (o año más cercano disponible) y 2015 (o último año disponible).[16]



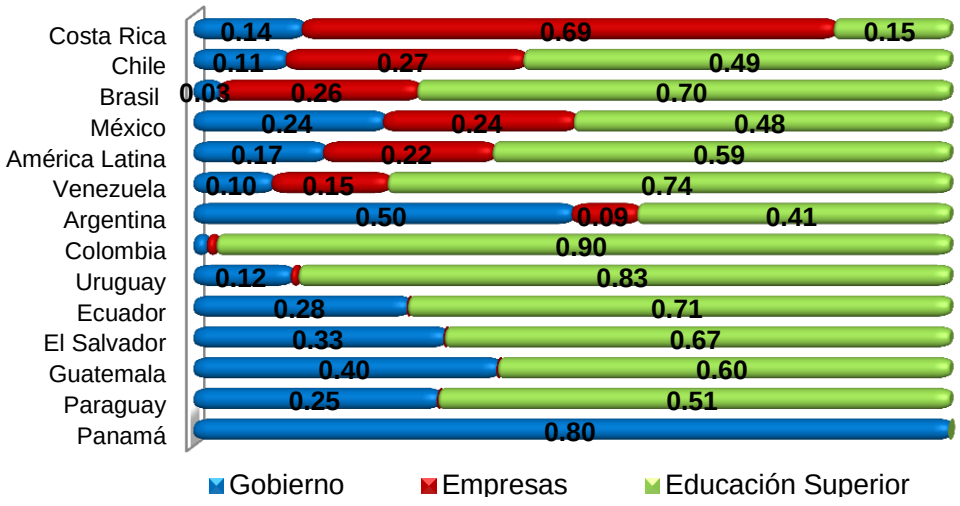
Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

[16] Los datos disponibles más cercanos a 2006 son: para Honduras, 2003; para Nicaragua y Perú, 2004; para Paraguay, 2005; para Chile, 2007; para Bolivia, 2009; para México, 2010 y para Colombia, 2013. Los datos disponibles más recientes son: para Nicaragua, 2012; para México y Panamá, 2013 y para Brasil, Bolivia y Ecuador, 2014.

En América Latina las empresas emplean a muy pocos investigadores. En 2015, la proporción del total de investigadores que laboraba en las empresas llegaba al 22 por ciento. Esta distribución muestra una enorme diferencia en comparación con los países desarrollados donde el sector empresarial absorbe más del 50 por ciento de los investigadores.

La Gráfica 2.11 muestra que el país con mayor proporción de investigadores en el sector empresarial es Costa Rica con una participación del 69 por ciento del total en 2015. A este le siguen Chile, Brasil y México que concentran el 27, 26 y 24 por ciento respectivamente. En cambio, países como: Ecuador, El Salvador, Guatemala, Paraguay y Panamá prácticamente no tienen investigadores empleados en el sector empresarial. Entre 2006 y 2015, la proporción de investigadores empleados por la industria en América Latina disminuyó del 30 al 22 por ciento. De acuerdo con el BID (2010) la poca presencia de investigadores en las empresas puede atribuirse a diversos factores, tales como la orientación hacia la investigación básica, la mala vinculación de sistema educativo con el sector privado así como la falta de conciencia de los empresarios con respecto a la utilidad de la investigación en la industria.

Gráfica 2.11 Porcentaje de Investigadores por sector de empleo, 2015 (o último año disponible).[17]



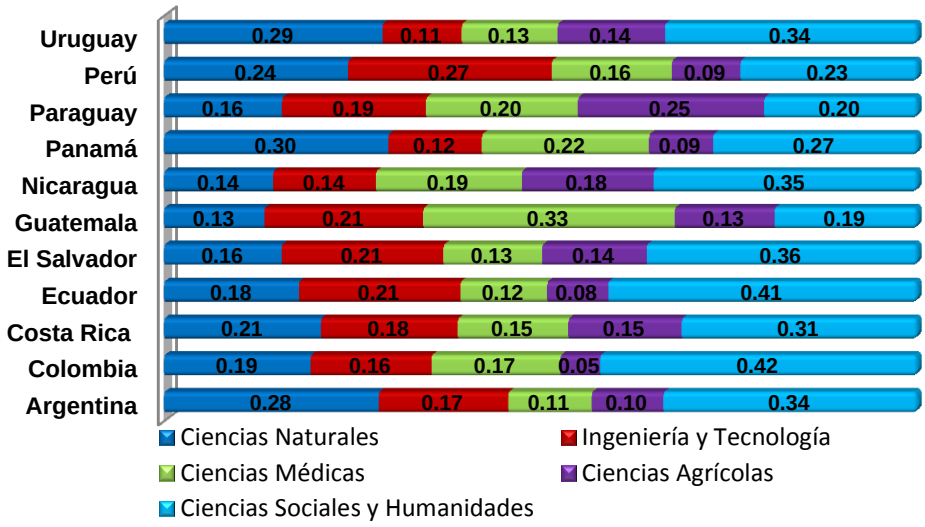
Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

[17] Los datos disponibles más recientes son: para Brasil y Ecuador, 2014.

Finalmente es importante analizar el número de investigadores por disciplina científica. Si se lleva a cabo una comparación con los países más desarrollados como Japón, Corea y Rusia, se puede deducir que existe una gran diferencia con respecto a América Latina. Mientras el 50 por ciento de los investigadores de Japón y cerca del 65 por ciento de los de Rusia y Corea se concentran en la ingeniería y tecnología, en los países latinoamericanos, el porcentaje no logra rebasar el 30 por ciento de los investigadores en esta disciplina.

En la Gráfica 2.12 puede observarse que en la región predominan las ciencias sociales y humanidades por lo que el porcentaje de investigadores concentrados en esta especialización científica es mucho mayor que en las demás ramas logrando en algunos casos como Ecuador y Colombia porcentajes elevados de más del 40 por ciento de los investigadores dedicados a esta disciplina. Aunado a lo anterior, en Panamá, Uruguay, Argentina y Perú se concentra casi el 30 por ciento de los investigadores en el área de ciencias naturales.

Gráfica 2.12 Porcentaje de Investigadores por disciplina científica, 2015 (o último año disponible).[18]



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

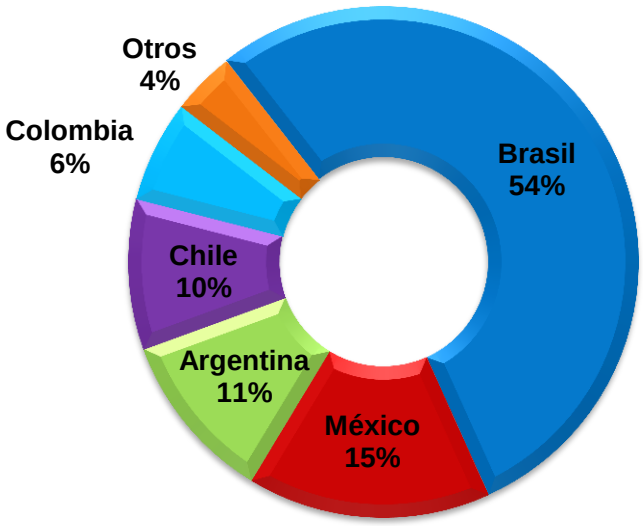
[18] Los datos disponibles más recientes son: para Panamá, 2008; para Nicaragua, 2012 y para Ecuador, 2014.

2.2.4 Conocimiento y resultados de la innovación

La producción científica de los investigadores puede ser analizada mediante el número de documentos publicados para un periodo en particular. Para analizar el panorama en América Latina se integró el número de publicaciones de los países obtenidas de dos bases de datos (SCOPUS y SCI) que engloban documentos, revistas y citas de literatura científica indizadas en todo el mundo.

Así como se observaron diferencias importantes cuando se comparó la región con los países avanzados en cuanto la disponibilidad de recursos humanos altamente especializados, esta brecha se agudiza cuando se mide el volumen de producción científica. Esto demuestra que la escasez de recursos humanos dedicados a la I+D en la región tiene importantes consecuencias negativas en la producción científica y tecnológica. Por otro lado continúan las diferencias muy marcadas entre los países de la región en los resultados de la innovación. La Gráfica 2.13 exhibe que en 2015 el 90 por ciento de la producción científica de América Latina se concentró solo en cuatro países: Brasil, México, Argentina y Chile.

Gráfica 2.13 Distribución porcentual de la producción científica en SCOPUS y SCI, 2015.

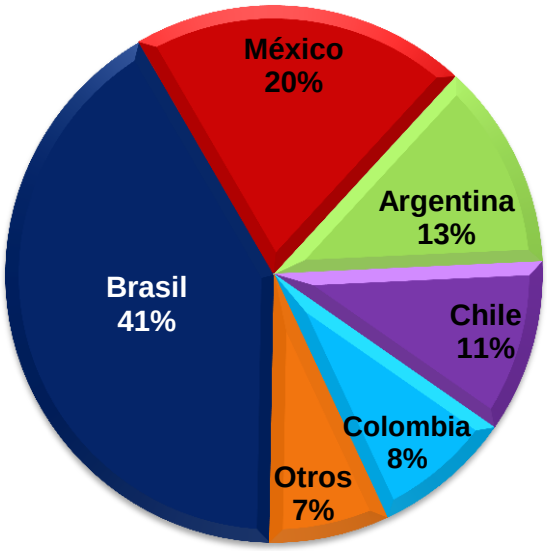


Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

En sintonía con la producción científica es muy importante analizar los espacios físicos en donde los científicos llevan a cabo la investigación de documentos especializados. El siguiente indicador se tomó de la base de datos Scimago Institutions Rankings que clasifica a las instituciones científicas que realizan al menos 100 documentos científicos en el lapso de un año (artículos, revisiones, cartas o documentos de conferencias, entre otros) indexados en la base de datos Scopus de Elsevier. En 2018 sumaron 5,632 instituciones en todo el mundo que son analizadas según la producción científica, colaboración internacional, impacto, calidad, especialización. En América Latina aparecían 353 laboratorios en esta base. América del Norte contaba con 863, los países de Europa Occidental tenían 1658 laboratorios, mientras que los asiáticos alcanzaron 1569 en esta clasificación.

Al interior de la región se observa la misma tendencia con diferencias importantes. Un 41 por ciento de los laboratorios de América Latina se encuentran en Brasil, que cuenta con 143. Le sigue México con 70 laboratorios y una participación del 20 por ciento, Argentina con 43 y 13 por ciento de participación, y Chile y Colombia. El resto de los países cuentan con muy pocos laboratorios que publiquen un número relevante de documentos científicos indexados.

Gráfica 2.14 América Latina: participación de laboratorios con más de 100 publicaciones científicas, 2018

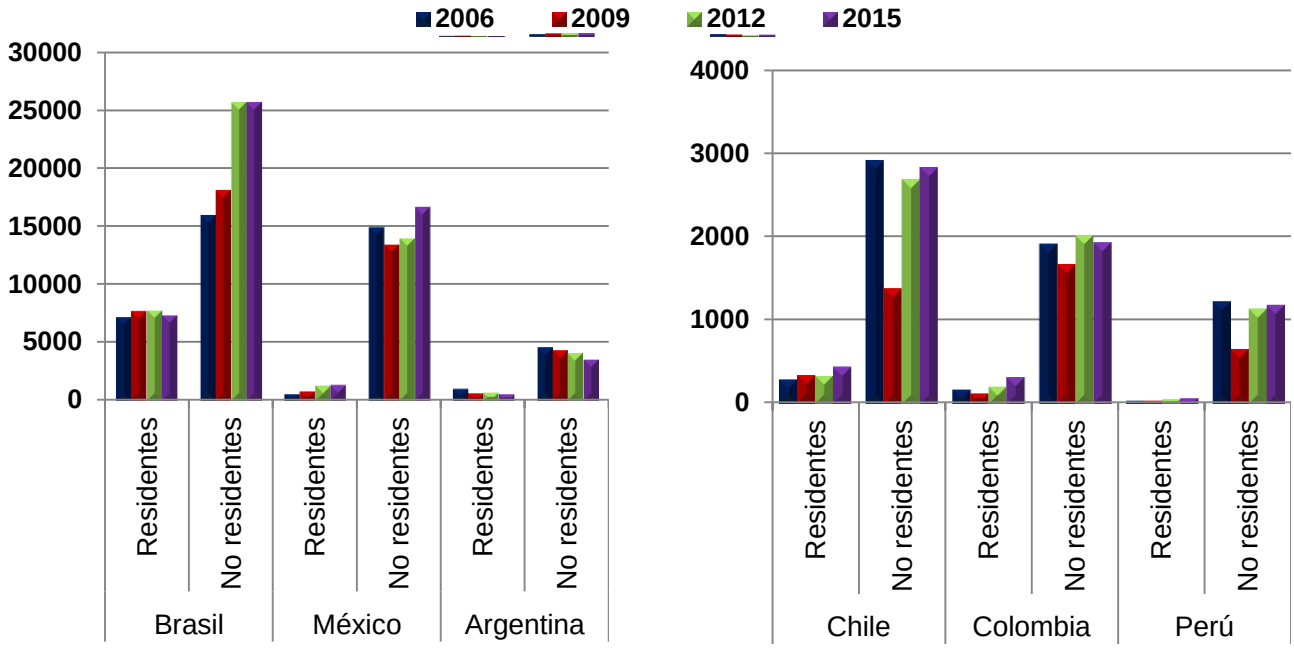


Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Scimago Institutions Rankings, 2018

Finalmente se examina la distribución del patentamiento entre residentes y no residentes. Este indicador es muy importante porque permite evaluar las capacidades internas de los países en materia de apropiación del conocimiento. En los países desarrollados (Alemania, Finlandia y el Reino Unido) los solicitantes nacionales determinan la dinámica del patentamiento mientras que en los países de América Latina son los no residentes. En la Gráfica 2.15 se observa que esta situación no ha cambiado en los últimos diez años; el número de solicitudes de patentes de no residentes es mayor que la de los residentes en la región.

Ahora si consideramos la tasa de crecimiento de las solicitudes de patentes de residentes, entre 2006 y 2015, México y Colombia presentaron las mayores variaciones con valores de 137 y 90 por ciento respectivamente. Le siguen Perú y Chile con 72 y 52 por ciento. Por otro lado, la participación de los países en la distribución total de las patentes (residentes y no residentes) en 2015 se concentró el 49.0 por ciento en Brasil, México abarcó el 26.8, Argentina el 6.1, Chile el 5.0, Colombia el 3.3 y Perú el 2.0 por ciento.

Gráfica 2.15 América Latina: número de solicitudes de patentes (residentes y no residentes), 2006-2015



Fuente: Elaboración propia con información de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

2.3 Antecedentes empíricos sobre la innovación en América Latina

En este apartado se presentan algunos trabajos relacionados con el papel de la innovación en los países de América Latina. Una de las limitaciones más importantes de la investigación sobre innovación en la región es la falta de una fuente de datos y la ausencia de indicadores armonizados y comparables entre los diferentes países. No obstante, en su mayoría las aplicaciones empíricas que examinan este concepto en la región utilizan datos a nivel empresa que se basan en encuestas realizadas dentro de los países. Además, un gran porcentaje de los documentos de trabajo sobre la innovación en la región se enfocan en el análisis de un pequeño grupo de países que por su dinámica de innovación cuentan con información, por lo que es difícil encontrar evidencia empírica sobre la totalidad de los países que conforman la región latinoamericana.

2.3.1 Innovación como determinante

Un estudio reciente que analiza el impacto de la innovación tecnológica en el crecimiento económico de América Latina es el de Aali y Venegas (2016) quienes para una muestra de doce países de la región (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay) examinan esta relación en el periodo 1996-2008. El análisis lo llevan a cabo mediante un modelo de datos de panel dinámico y se estima con el Método Generalizado de Momentos (MGM). Los autores concluyen que el proceso de innovación tecnológica tiene un impacto positivo en el crecimiento de la región. El principal hallazgo es que la inversión en I+D, las patentes y las exportaciones de productos con alto contenido tecnológico son relevantes para elevar la productividad total de los factores y el aumento del PIB per cápita en la mayoría de los países.

Sobre el mismo particular Castellacci y Natera (2016) analizaron las trayectorias de desarrollo de largo plazo para 18 economías de América Latina en el período 1970-2010. El trabajo está basado en tres dimensiones principales: apertura, estructura industrial e innovación. La combinación específica y los cambios en estos factores en cada país afectan el crecimiento del ingreso per cápita. El

trabajo concluye con dos resultados principales. Primero, se muestra que los países de América Latina han seguido diferentes trayectorias de crecimiento dependiendo de la combinación de políticas que han adoptado. Segundo, se encuentra una clara correspondencia entre las estrategias de política, por un lado, y el desempeño del crecimiento, por el otro.

Lo más importante a destacar para efectos de esta investigación es que los países que han logrado combinar la política de imitación e innovación han experimentado una mayor tasa de crecimiento que aquellas economías que solo han hecho esfuerzos para mejorar su capacidad de imitación. En este contexto en siete de los 18 países de América Latina, los cambios en el rendimiento de la innovación (medidos por patentes) han tenido un efecto positivo en la tasa de crecimiento del PIB per cápita. El impacto estimado más fuerte es para la serie temporal de Chile y la República Dominicana. Este es un hallazgo interesante a pesar de que las políticas industriales y tecnológicas han sido escasas en la región las inversiones relativamente bajas en actividades innovadoras se relacionan positivamente con el crecimiento (lento) del ingreso per cápita en la región.

Esta misma línea Suárez y Erbes (2016) examinan el impacto de los esfuerzos en innovación y las capacidades en el crecimiento económico para 94 países incluyendo a las economías latinoamericanas objeto de esta investigación. Las autoras prueban la hipótesis de convergencia y especificidad en materia de desarrollo, en particular que la inversión en I+D y los recursos humanos calificados impactan positivamente en el crecimiento económico pero que este impacto es mayor en los países desarrollados por la naturaleza de sus sistemas de innovación. Los resultados de este trabajo confirman la relación positiva entre la inversión en innovación y el crecimiento económico independientemente del nivel de desarrollo. No obstante el impacto resulta ser mayor para los países de mayor ingreso que los de menor ingreso, rechazando así la hipótesis de convergencia. En este contexto las autoras consideran a Chile y Uruguay dentro de los países con ingreso alto.

Por otro lado, bajo la inquietud de que en las últimas décadas el crecimiento económico de Chile ha sido más alto que en Brasil y México, Saucedo y Borges (2015) analizan la relación de la innovación y el crecimiento económico en estos tres países. Aunque reconocen que el crecimiento económico no sólo se explica por la innovación sino que existen otros factores que lo determinan, los autores examinan si las diferencias en el crecimiento corresponden a la brecha de innovación entre los países seleccionados.

En el análisis utilizan variables de innovación como el porcentaje de emprendedores, la tasa de crecimiento de las patentes y la colaboración Universidad-Industria. Dado que estas variables son más altas en Chile y en menor medida en Brasil y México, los autores concluyen que innovación está relacionada positivamente con el crecimiento económico en el mediano y largo plazo. Por lo tanto, el mayor crecimiento económico que Chile ha experimentado en las últimas décadas es impulsado por la innovación. No obstante, los autores hacen hincapié en que el gasto en I+D como porcentaje del PIB en Chile es alrededor de 1 por ciento más bajo que el de Brasil, lo que demuestra que los vínculos entre la innovación y el crecimiento económico son complejos.

Bajo el mismo interés Raffo, Lhuillery y Miotti (2008) realizaron una comparación del papel de la innovación y el desempeño económico entre países europeos y latinoamericanos utilizando datos a nivel empresa de Francia, España, Suiza, Argentina, Brasil y México. Los autores utilizaron un modelo estructural estándar vinculando la intensidad en I+D, la innovación y la productividad. Sus principales hallazgos muestran que existen diferencias estructurales entre regiones, pero también hay heterogeneidad al interior de las regiones (sobre este particular, los autores encontraron un impacto significativo de la innovación de productos sobre el desempeño económico para Brasil y México, pero no para Argentina). Por otro lado, encontraron que las empresas tienden a enfrentar actividades de innovación para lograr un mejor desempeño económico en las dos regiones, no obstante para los países latinoamericanos su interacción con los sistemas y entornos nacionales es más débil que en los países europeos.

2.3.2 Determinantes de la innovación

Para examinar los determinantes de la innovación tecnológica en los países de América Latina, Crespi y Zúñiga (2012) realizaron un estudio comparativo para las empresas manufactureras. Los autores utilizaron microdatos de las encuestas de innovación para seis países de la región: Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Panamá y Uruguay.

Utilizando la inversión en I+D como variable dependiente, los resultaros mostraron que las empresas que invirtieron en conocimiento fueron más capaces de introducir avances tecnológicos, y aquellos que innovaron exhibieron una productividad laboral superior a aquellos que no lo hicieron. Sin embargo, los determinantes de la inversión en innovación a nivel empresa resultaron ser más heterogéneos que en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE): la cooperación, la propiedad extranjera y la exportación aumentan la propensión a invertir en innovación en solo la mitad de los países. Al mismo tiempo, los vínculos de una empresa y el uso de diferentes fuentes de información para actividades de innovación (científica y de mercado) tienen poco o ningún impacto en los esfuerzos de innovación. Los autores concluyen que sus resultados ilustran la débil articulación que caracteriza a los sistemas nacionales de innovación en la región.

Sobre esta misma temática, Crespi, Tacsir y Vargas (2016) analizan el comportamiento innovador de las empresas manufactureras en América Latina utilizando la información de la Encuesta Empresarial del Banco Mundial (WBES) con el fin de reunir nuevas pruebas con respecto a la naturaleza de la innovación en la región.

Los autores encuentran hallazgos muy importantes en cuanto a la decisión de invertir en innovación en las empresas de América Latina. La decisión está fuertemente correlacionada con el tamaño, es decir es más probable que las empresas más grandes inviertan. El nivel de conocimiento de la empresa, el capital humano, la diversificación y el acceso al conocimiento externo también

influyen positivamente en esta decisión. También se argumenta que a medida que las empresas son más antiguas la decisión de invertir en I+D se va atenuando, lo que sugiere que las empresas nuevas tienen más probabilidades de invertir.

Con respecto a los determinantes de la intensidad de la inversión, los autores encuentran que las capacidades internas de las empresas son muy relevantes, en particular la presencia de trabajadores calificados y existencias de conocimientos previos, sin embargo no son suficientes y requieren la absorción de tecnología del exterior.

Por otro lado encuentran que la Inversión Extranjera Directa (IED) presenta una relación negativa y altamente significativa con la decisión de invertir en I + D, es decir, la IED que la región ha logrado atraer no desarrolla tecnología a nivel local. Sobre este particular, Navarro et al. (2010) consideran que las empresas multinacionales en América Latina no invierten en la innovación dado que su actividad se centra más en explotar ventajas comparativas como el acceso a los recursos naturales y los bajos costos de mano de obra, por lo que cuando las empresas extranjeras innovan, estas actividades tecnológicas se centran en adaptar los productos a los mercados locales (con pocas necesidades de inversión en I + D).

Sobre esta temática Lederman (2014) argumenta que las grandes corporaciones multinacionales de la región no han desarrollado todo su potencial porque no innovan y cuando lo hacen se comportan como las empresas locales porque invierten muy poco en esta materia. Propone dos posible razones por las que puede darse esta situación, o bien América Latina no atrae a las multinacionales más innovadoras o los obstáculos a la innovación que afectan a las empresas locales también actúan como barreras a la innovación para las empresas extranjeras instaladas en la región.

Guzmán, Brown y Mendoza (2016) usan la metodología propuesta por Crépon-Duguet-Mairesse (CDM) para examinar los factores que explican la decisión a innovar de las empresas manufactureras mexicanas. Los autores se basan en una

amplia muestra de establecimientos industriales (2078) de los diferentes sectores manufactureros. Los resultados muestran evidencia de que las empresas con mayor propensión a innovar son las grandes y aquellas que tienen apropiabilidad de sus innovaciones; pero no así para las que exportan ni las que tienen mayor participación en el mercado. Además el acceso al crédito, la transferencia de tecnología, los recursos de la inversión extranjera directa y la apropiabilidad del nuevo conocimiento.

Conte y Vivarelli (2006) realizan un análisis empírico para el sector industrial italiano durante el período 1998-2000. Utilizando una muestra de 2,949 empresas estiman mediante un modelo probit bivariado los determinantes de la innovación en productos (actividades orientadas a mejorar o introducir nuevos productos), en procesos (desarrollo de nuevas maneras de producir mediante la adopción de técnicas y equipo tecnológico) así como la intensidad de la innovación. Los resultados muestran que la investigación y desarrollo está fuertemente ligada a la innovación en productos mientras que la adquisición de nueva tecnología está más relacionada con la innovación en procesos. También se encontró evidencia significativa de que las pequeñas empresas y firmas pertenecientes a sectores de baja tecnología dependen más de la adquisición de tecnologías externas y de acuerdos de cooperación, mientras que las empresas más grandes en sectores de alta tecnología dependen más de su propia investigación y desarrollo.

De la misma manera Lambardi y Mora (2014) realizan este análisis para las empresas manufactureras de Colombia con una muestra de 4,529 establecimientos. Se centran en examinar los determinantes de la innovación en productos y procesos. Si bien en trabajos anteriores se subestima o sobrestima la probabilidad de invertir en productos o en procesos al considerar que las decisiones son independientes, los resultados de los autores evidencian que el proceso de innovación es interdependiente.

Entre los resultados más importantes se concluye que del total de las empresas manufactureras el 27 por ciento invirtieron en innovación de productos mientras que un 42 por ciento afirmó haber invertido en innovación de procesos. Si

consideramos que en su mayoría las empresas colombianas cuentan con un bajo contenido tecnológico y en general es más importante la imitación tecnológica que los factores relacionados a la investigación y desarrollo entonces el resultado es consistente con el trabajo de Conte y Vivarelli (2006) en donde relacionan la innovación en proceso con la adquisición de tecnología. De igual forma destacan que entre mayor sea el tamaño de la empresa y el capital extranjero dentro de la misma mayor probabilidad de realizar gastos en innovación.

A nivel macro Santander y Álvarez (2008) realizan un estudio para 60 países a través de un panel de datos que reúne indicadores de innovación. A partir de esta base se dividen grupos de control y de tratamiento para países cerrados y abiertos al comercio internacional anterior al año 1965. Se comparan los outputs de indicadores de innovación para encontrar los efectos de la apertura comercial sobre la innovación a través de un modelo de diferencias en diferencias con efectos fijos. Se encuentra que existe un efecto positivo de la apertura comercial sobre el número promedio de patentes. El efecto es mayor mientras el país posea una mayor especialización en manufacturas, un mayor nivel de escolaridad y un mayor nivel de protección de derechos de propiedad debido a la intensidad de uso de tecnologías desarrolladas en las industrias de manufacturas, al impacto positivo de la formación de capital humano sobre el personal trabajando en I+D y a los incentivos económicos que genera la mayor protección de derechos de propiedad.

Schneider (2005) estudia el papel del comercio de alta tecnología, los derechos de propiedad y la inversión extranjera directa sobre la innovación y el crecimiento económico de los países. El análisis lo realiza utilizando un conjunto de datos de panel de 47 países desarrollados y en desarrollo para el periodo de 1970 a 1990. La autora encuentra que las importaciones de alta tecnología poseen un rol relevante sobre la innovación doméstica tanto para países desarrollados como para países en vías de desarrollo, esto debido a la difusión de tecnologías que se logra con el comercio. Además, en sus hallazgos señala que existe un efecto de los derechos de propiedad sobre la innovación, pero este efecto es menos significativo para los países en vías de desarrollo en comparación a los países

desarrollados, esto podría indicar que la mayoría de la innovación realizada en países en vías de desarrollo sea imitación o adaptación de tecnologías.

La autora hace una diferenciación entre los impactos en la innovación de distintos factores para países en vías de desarrollo y desarrollados. Por ejemplo afirma que el tamaño del mercado y la infraestructura son importantes para los países en desarrollo; mientras que las importaciones de alta tecnología de países desarrollados, el stock de capital humano, el gasto en investigación y desarrollo, y el nivel de protección de los derechos de propiedad son más relevantes en países desarrollados.

Para analizar el efecto de la protección a la propiedad intelectual sobre el nivel de innovación Allred y Park (2007) examinaron el efecto de los derechos de patentes de un país y los cambios en ellos en la inversión en innovación a nivel de empresa. El análisis se realizó para 706 firmas manufactureras de diez distintas industrias en 29 países. Los resultados muestran que hay una fuerte influencia positiva de los derechos de patentes sobre la propensión de una empresa a invertir en innovación incluso después de controlar por factores de la empresa, industria y el país. Los autores encuentran que la influencia de los derechos de patentes en la innovación a nivel de empresa varía en las industrias, por ejemplo, el impacto parece ser mayor en los instrumentos científicos y las industrias químicas industriales.

Lo resultados son consistentes a la evidencia presentada por Chen (2008) quien indaga sobre esta temática mediante regresiones de Poisson y binomiales negativas para dos conjuntos de datos de los principales recuentos de invenciones para los Estados Unidos y 14 países de Europa occidental durante 1750-1950 y 1590-1900. Ambos paneles apuntan a un efecto positivo significativo de las leyes de protección a la propiedad intelectual sobre las tasas de innovación, después de controlar el tamaño de la economía de cada país.

Comentarios finales

En este capítulo se planteó la idea de llenar los vacíos que en el capítulo anterior no se abordaron sobre los elementos conceptuales de la innovación. Con lo revisado en la primera sección del capítulo se enfatiza que esta investigación adopta el concepto general de innovación. Dado que en las encuestas realizadas por el Foro Económico Mundial, la percepción de los participantes al contestar incluye tanto elementos de innovación tecnológica como de la no tecnológica, la presente investigación no puede ser limitada solamente a la investigación tecnológica, sino que abarca el concepto más amplio de la innovación.

Por otro lado se constató que a diferencia de los países desarrollados, los sectores productivos en América Latina, en su mayoría poseen un bajo contenido tecnológico. No obstante se enfatizó que a pesar de esta situación es importante incentivar la innovación en estas actividades porque el peso que representan en la economía en su conjunto podría tener un impacto significativo en el crecimiento económico.

El desempeño comparativo en los rubros: educación superior, gasto en investigación y desarrollo (I+D), capital humano para la I+D y los resultados del conocimiento permiten observar las grandes diferencias y heterogeneidad en los países de la región. Es de esperarse que dicha contextualización se encuentre fuertemente vinculada al análisis no paramétrico del capítulo 4 donde se examina la distribución de la innovación en la región con las cadenas de Markov.

Finalmente, la revisión empírica permite hacer un contraste de los trabajos más recientes en la literatura que vinculan la innovación en los países de la región pero también posibilita comparar las aportaciones de esta investigación que en los trabajos previos no han sido considerados. Se hizo énfasis en la escases de trabajos aplicados en esta materia para los países de la región, no obstante los aquí abordados abonan en el campo de la investigación y son fundamentes para el presente trabajo.

Capítulo 3.

Metodologías y descripción de variables.

Introducción

En este capítulo se describen las dos metodologías que se utilizan en la presente investigación. La primera consiste en una aplicación no paramétrica construida inicialmente por el matemático ruso Andréi Andréyevich Markov (1856-1922) denominada Cadenas de Markov. Este método fue retomado en la década de los noventa por Quah (1993a) para el análisis de la dinámica del crecimiento económico, desde ahí, los procesos de Markov fueron implementados en el análisis económico para examinar la movilidad de entidades económicas entre distintos estados.

De esta manera, la primera parte de la investigación consiste en la aplicación de un modelo de Cadenas de Markov al estudio de la dinámica de la innovación. Lo anterior permitirá indagar sobre la presencia o no de convergencia en los países de América Latina en esta materia. Por lo tanto, en la primera sección del capítulo se describe detalladamente la metodología de Cadenas de Markov así como la utilidad de las funciones de densidad las cuales permitirán analizar la movilidad de la distribución de la innovación de una manera visual por lo que son una herramienta adicional a los procesos de Markov para el análisis de la convergencia.

Posteriormente se describe la metodología paramétrica que se usa en la segunda parte del documento que consiste en la construcción de un panel de datos estimado a través de un Modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM). Cuando las variables que tienen una relación de equilibrio de largo plazo típicamente, también interactúan en el corto plazo. Esta condición implica que la relación de cointegración de largo plazo debe integrarse a un modelo más general que también describa la variación de corto plazo (Stewart, 2005). En consecuencia surge el Modelo VECM el cual corrige el desequilibrio al relacionar el comportamiento de corto plazo de las variables con su valor de largo plazo. Esta metodología implica previamente analizar conceptos econométricos como las raíces unitarias y la cointegración, mismas que se explican con detalle en la segunda sección del capítulo.

En un tercer apartado se hace una descripción detallada de las variables que se utilizan en ambas metodologías, se describe la generación y fuente de la base datos de esta investigación. Cabe señalar que en el Capítulo Cuatro, objeto de la primera metodología se utiliza la variable innovación para medir la dinámica de distribución de la misma entre los países de la región. La misma variable es utilizada como dependiente en el Capítulo Cinco para analizar sus determinantes haciendo uso de seis variables explicativas las que se detallan en la tercera sección de este capítulo.

3.1 Cadenas de Markov: definiciones y propiedades

La interpretación de las cadenas de Markov tiene como objetivo estimar la dinámica de alguna distribución, en este caso, de la innovación en función de las probabilidades de transitar de estado *i* al *j* y del número de iteraciones que se realicen (Gutiérrez-Flores *et al.,* 2011).

La metodología según Hamdy A. Taha (2012) es la siguiente: un proceso estocástico es un proceso de Markov si un estado futuro depende sólo del estado inmediatamente anterior. Esto significa que dados los tiempos cronológicos t_0, t_1,…,t_n, la familia de variables aleatorias $\{X_{t_n}\} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ es un proceso de Markov si

$$P\{X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_0} = x_0\} = P\{X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}\} \qquad (3.1)$$

En un proceso de Markov con *n* estados exhaustivos y mutuamente excluyentes, las probabilidades en un punto específico del tiempo t = 0, 1, 2… se definen como

$$P_{ij} = P\{X_t = j | X_{t_{n-1}} = i\} \qquad i = 1,2,\dots,n \qquad j = 1,2,\dots,n, \qquad t = 0,1,2,\dots,T \qquad (3.2)$$

La ecuación 3.2 se conoce como probabilidad de transición en un paso al ir del estado i en el instante t-1 al estado j en el instante t, donde $p_{ij} \geq 0$, además por definición, se debe saber que:

$$\sum_j p_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \qquad (3.3)$$

Por lo tanto, las probabilidades de transición de un estado a otro en un periodo se establecen utilizando una matriz cuadrada (*n x n*) denominada matriz de transición como se muestra a continuación:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & \cdots & p_{nn} \end{pmatrix} \qquad (3.4)$$

La matriz de transición anterior define una cadena de Markov. Dicha matriz tiene las siguientes propiedades: [1] todas sus probabilidades de transición $\mathrm{p_{ij}}$ son estacionarias; [2] son independientes a lo largo del tiempo; [3] no contienen elementos negativos ($p_{ij} \geq 0$) y, [4] sus filas suman la unidad debido a que los elementos de la i-ésima fila representan las probabilidades de todas las posibilidades de transición a partir de ese estado.

En los procesos Markovianos también se obtiene un vector de estado inicial, que se denota como:

$$a^{(0)} = \left(a_1^{(0)}\ a_2^{(0)}\ \ldots\ a_n^{(0)}\right) \qquad (3.5)$$

Este se define como la probabilidad de que el sistema se encuentre en el estado j en el periodo de observación t. Es decir, el vector indica las probabilidades del estado inicial (0). Sus componentes son no negativos y suman uno. De esta manera, el elemento $a_n^{(0)}$ indica la proporción de observaciones que inicialmente se encuentran en el estado j.

3.2 Vector de probabilidades de estado estacionario

Por otro lado, dada la matriz de transición P de una cadena de Markov y el vector de estado inicial $a^{(0)} = \left\{a_j^{(0)},\ j = 1,2,\ldots,n\right\}$ las probabilidades absolutas $a^{(n)} = \left\{a_j^{(n)},\ j = 1,2,\ldots,n\right\}$ despues de n (> 0) transiciones se calculan como sigue:

$$a^{(1)} = a^0 P \qquad (3.6)$$

$$a^{(2)} = a^1 P = a^{(0)} P^2$$

$$a^{(3)} = a^2 P = a^{(0)} P^3$$

$$\vdots$$

$$a^{(n)} = a^{(0)} P^n \qquad (3.7)$$

La ecuación 3.7 expresa que cuando la matriz de transición P se eleva a la potencia n y se multiplica por el vector de estado inicial el resultado muestra un vector que expresa la probabilidad de encontrarse en cada uno de los estados después de n pasos. Por tanto, la matriz de transición y el vector de estado inicial determinan los demás vectores de estado posibles.

De esta forma, el modelo Markoviano puede llegar a converger alcanzando el equilibrio de largo plazo mediante un vector de estado estacionario. Para que esto sea posible el proceso debe ser regular, es decir, elevando a cualquier potencia la matriz de transición sus elementos deben ser positivos (Kolman y Hill, 2006).

En una cadena ergódica las probabilidades de estado estable se definen como

$$\pi_j = \lim_{n\to\infty} a_j^{(n)}, \ \ j = 0,1,2,\ldots \qquad (3.8)$$

Estas probabilidades son independientes de $\left\{a_j^{(0)}\right\}$ y se pueden determinar de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{\pi} = \boldsymbol{\pi P} \qquad (3.9)$$

Dónde:

$$\sum_j \pi_j = 1$$

La ecuación 3.9 expresa que las probabilidades $\boldsymbol{\pi}$ permanecen sin cambiar después de una transición adicional, por esta razón representan la distribución del estado estacionario.

3.3 Clasificación de los estados en una Cadena de Markov

Siguiendo a Hamdy A. Taha (2012:576) en una cadena de Markov, los estados se clasifican de acuerdo con la probabilidad de transición p_{ij} de P.

1. Un estado j es **absorbente** si está seguro de regresar a sí mismo en una transición; es decir, $p_{ij} = 1$. Así, el proceso nunca saldrá de dicho estado después de entrar a él.

2. Un estado j es **transitorio** si puede llegar a otro estado pero no puede regresar desde otro estado. Matemáticamente, esto sucederá si $\lim_{n\to\infty} p_{ij}^{(n)} = 0$, para todas las i.

3. Un estado j es **recurrente** si la probabilidad de ser revisitado desde otros estados es 1. Esto puede suceder si, y sólo si, el estado no es transitorio.

4. Un estado j es **periódico** con periodo de t >1 si es posible un retorno sólo en t, 2t, 3t,… pasos. Esto significa que $p_{jj}^{(n)} = 0$ cuando n no es divisible entre t.

Con base en las definiciones dadas, una cadena de Markov finita no puede constar de todos los estados transitorios porque, por definición, la propiedad transitoria requiere entrar a otro estado de “atrapamiento” y nunca volver a visitar el estado transitorio. El estado de “atrapamiento” no necesita ser un solo estado absorbente.

Se dice que una cadena de Markov es ergódica si todos los estados son recurrentes y aperiódica (no periódica). En este sentido, las probabilidades absolutas después de n transiciones $a^{(n)} = a^{(0)}P^n$, siempre convergen de forma única a una distribución limitante (estado estacionario) que es independiente de las probabilidades iniciales $a^{(0)}$.

De esta manera, una distribución ergódica debe satisfacer la siguiente expresión:

$$\pi^*(I - P) = 0 \qquad (3.10)$$

Al transponer la ecuación 3.10 se tiene:

$$(I - P')\,\pi^{*\prime} = 0 \qquad (3.11)$$

Lo cual determina π^* como un eigenvector asociado con una unidad de eigenvalor de P'.[19] Dado que P es una matriz estocástica garantiza el hecho de que por lo menos tiene un eigenvalor unitario así como un π^*que satisface las ecuaciones 3.10 y 3.11. Por lo tanto, si cada entrada de la matriz P es estrictamente positiva, existe una única distribución ergódica llamada distribución estacionaria (Gutiérrez-Flores *et al.,* 2011).

Por lo tanto de acuerdo con Quah (1993, 1996 y 1997) las características de la distribución ergódica π^* son cruciales para analizar la existencia de convergencia. Si la citada distribución es unimodal, entonces no se puede rechazar la hipótesis de convergencia porque, asintóticamente, todas las regiones se encontrarán centradas en torno a un valor común. Por el contrario, dicha hipótesis deberá ser rechazada si la distribución ergódica es multimodal. Además agrega que una distribución bimodal es una caso particular que indica la presencia de atractores locales de las regiones que definirían "clubes de convergencia", formados por regiones ricas y pobres (en términos relativos).

3.4 Funciones de densidad

Una parte fundamental de las cadenas de Markov es la representación de la transición por medio de funciones de densidad Kernel. Estas graficas capturan las variaciones de la distribución de la innovación de forma continua y la comparación en el tiempo permitirá detectar los cambios sobre dicha distribución.

Siguiendo a Newbold, Carlson y Thorne (2008), una función de densidad permite relacionar una probabilidad a cada observación de una determinada variable.

Sea X una variable aleatoria continua y x cualquier numero situado en el rango de valores que puede tomar esta variable aleatoria. La función de densidad, f(x), de la variable aleatoria es una función que tiene las siguientes propiedades:

1. f(x) > 0 para todos los valores de x.

[19] Un eigenvector es un vector característico o vector propio de una matriz A.

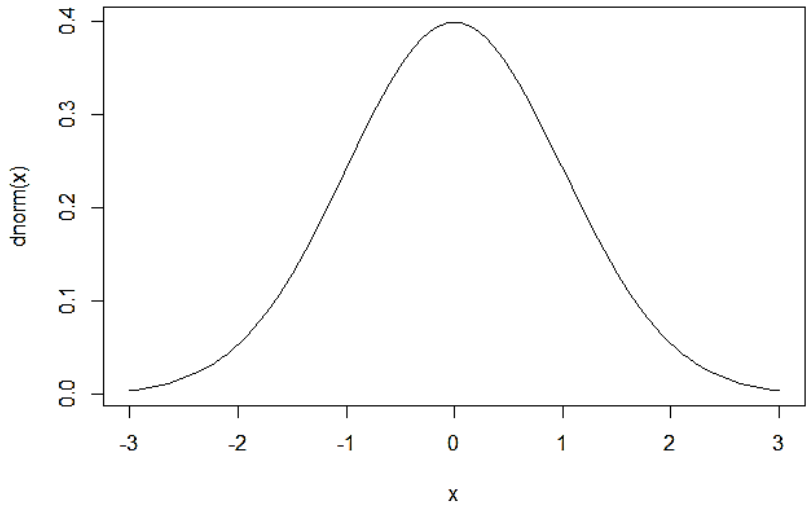
2. El área situada debajo de la función de densidad, f (x), cuando se abarcan todos los valores de la variable aleatoria, X, es igual a 1.

3. La función de distribución acumulada $F(x_0)$, es el área situada debajo de la función de densidad de probabilidad, f(x), hasta x_0:

$$F(x_0) = \int_{x_m}^{x_0} f(x)\, dx \tag{3.12}$$

Donde x_m es e valor minimo de la variable aleatoria. La Figura 3.1 representa la densidad f(x) de una variable aleatoria continua X ∈ ℜ.

Figura 3.1 Función de densidad



En la presente investigación se usará la función de densidad tipo Gauss-kernel K(x). Siguiendo a Silverman (1986) el estimador de la función es:

$$\hat{f}(x)\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \tag{3.13}$$

donde,

$x = x + h \quad \forall \quad x \in X$

$x_i = x - h \quad \forall \quad x_i \in X$

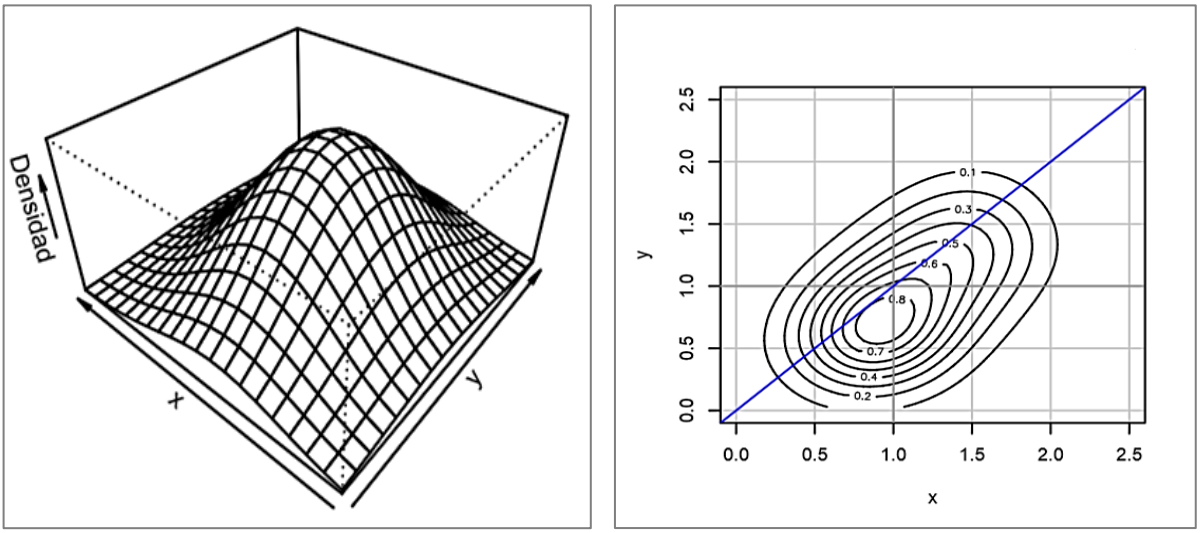
h= ancho de banda o parámetro suavizador

n= número de observaciones

Las gráficas de distribución kernel son un instrumento útil en la detección de detalles como la oblicuidad y la multimodalidad de las observaciones. En la Figura 3.2 a) se presenta la gráfica de una función de densidad kernel Gaussiana bivariante, mientras que la Figura 3.2 b) muestra los niveles de la densidad y permite observar la concentración o dispersión de los datos.

Figura 3.2 Función de densidad Kernel Bivariante

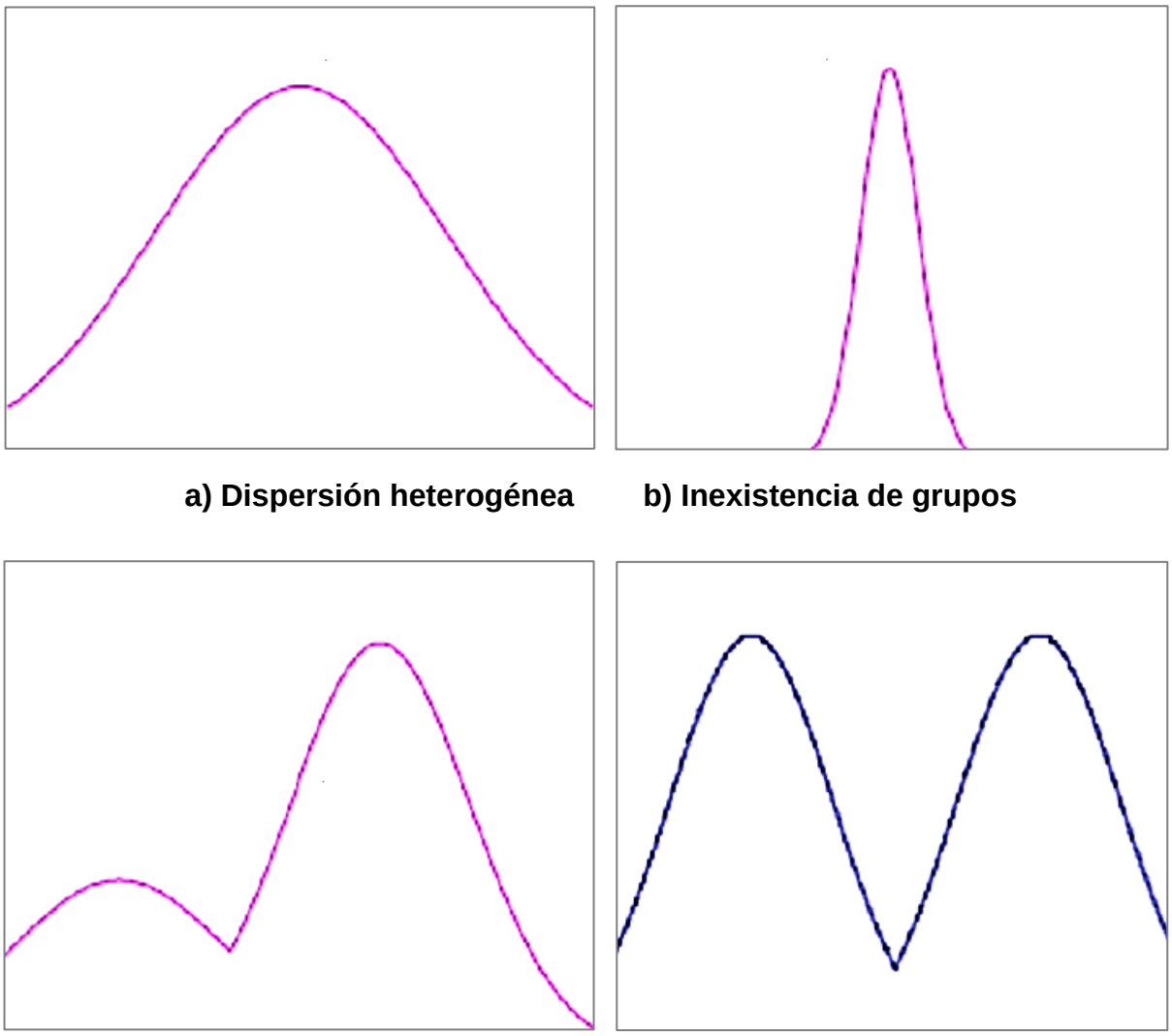
a) Perspectiva b) Contornos



Fuente: Gutiérrez-Flores et al. (2011).

En la Figura 3.3 se presentan distintas formas de la función de densidad. Al considera la Figura 3.3 a) y b) se puede visualizar que una distribución puede presentar mayor o menor dispersión en torno a la media. Esta definición se evalúa a través de sigma-convergencia lo que puede llevar a que la forma de la distribución no sea tan homogénea cuando en la realidad puede existir una distribución como la que se muestra en las Figuras 3.3 c) y d) donde se puede observar la formación de dos grupos dentro de la misma distribución. De ser así, el tratamiento que se efectúa sobre la distribución en su conjunto debería hacerse para cada uno de los grupos detectados (Betancourt, 2013).

Figura 3.3 Formas distintas de la función de densidad



a) Dispersión heterogénea **b) Inexistencia de grupos**

c) Formación de una trampa **d) Formación de "Twin Peaks"**

Fuente: Mora, A. (2002)

La figura 3.3 b) presenta una distribución unimodal, situación que indica la posible existencia de un único grupo con un alto grado de concentración en torno a la única moda de los datos. Por otro lado, la Figura 3.3 c) y d) distinguen una distribución bimodal, a lo cual Quah (1996) denomina *"Twin Peaks".*

Por lo tanto, desde esta perspectiva, la función de densidad permite obtener una imagen de la forma externa de la distribución en cada uno de los períodos analizados. Así, una mayor concentración de la distribución implica un

acercamiento (convergencia) entre las unidades económicas en estudio, mientras que la dispersión sugiere divergencia. Comparando distintas distribuciones o funciones de densidad para los distintos períodos se puede obtener una visión de cuál ha sido la evolución de las disparidades, es decir, si ha existido o no un proceso de convergencia (Betancourt, 2013).

La representación gráfica de la distribución de la innovación a través de las funciones de densidad permitirá tener una perspectiva de los cambios en materia de innovación entre los países de la región América Latina. A diferencia de las cadenas de Markov, las funciones de densidad dan una visión continua de la distribución de probabilidades de una variable.

3.2 Modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM)

Cuando se pretende estimar un modelo econométrico que contiene series de tiempo se debe examinar con atención si éstas corresponden a un proceso estacionario, de no ser así, se presentarían ciertas complicaciones al estimar el modelo porque es altamente probable que los residuos de la regresión sean no estacionarios y los resultados y pruebas estadísticas no sean confiables lo que se conoce como “regresión espuria” o “regresión sin sentido”. No obstante, en la literatura se reitera que la mayoría de las series de tiempo económicas muestran tendencias bastante fuertes a lo largo del tiempo, es decir, no tienen una clara disposición a regresar a un valor constante, lo que evidencia que las series siguen un proceso no estacionario y a su vez están cointegradas, es decir, evolucionan conjuntamente en una relación de equilibrio de largo plazo entre ellas.

Bajo esta premisa debe tenerse en cuenta que las series de tiempo que tienen una relación de equilibrio de largo plazo, también interactúan típicamente en el corto plazo, lo que implica que la relación de cointegración de largo plazo se integre a un modelo más general que también describa la variación de corto plazo (Stewart, 2005). En consecuencia, surge el Modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM), el cual corrige el desequilibrio al relacionar el comportamiento de corto plazo de las variables con su valor de largo plazo (el modelo se describirá en la sección 3.2.3 de este capítulo).

3.2.1 Estacionariedad y raíces unitarias

Una serie es estacionaria si su media, varianza y covarianza son constantes. A estas series también se les llama “integradas de orden cero” y se representan como: $x_t \approx I(0)$. Por el contrario, las variables que su media no es constante y su varianza es infinita se les denomina “integradas de orden d” si se requieren “d” diferenciaciones para lograr la estacionariedad. No obstante, la mayoría de las series económicas son integradas de orden 1 y se representa como: $x_t \approx I(1)$.

De acuerdo con Vial (1991) algunas características distintivas de estas series son las siguientes: una serie I(0) tienen una media y exhibirá una tendencia a volver a dicha media, por lo que habrá fluctuaciones en torno a ella. En cambio una serie I(1) va a evolucionar en forma suave y rara vez volverá a observaciones anteriores.

Como consecuencia, un problema frecuente en la investigación económica es que las variables crecen a lo largo del tiempo presentando fuertes patrones que implican series no estacionarias. Cuando esto sucede, las regresiones contienen errores estándar sesgados e ineficientes, lo que significa que el criterio convencional utilizado para determinar si existe o no una relación causal entre las variables resulta no confiable.

Un proceso estocástico lineal tiene una raíz unitaria si el valor de la raíz de la ecuación característica del proceso es igual a 1, en este caso, se argumenta que el proceso es no estacionario.

En el siguiente modelo:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \qquad -1 \leq \rho \leq 1 \tag{3.14}$$

Y es cualquier serie que evoluciona en el tiempo. Si $\boldsymbol{\rho=1}$ se concluye que la serie tiene una raíz unitaria, lo que se traduce como un proceso no estacionario. Por lo tanto, los términos no estacionariedad, caminata aleatoria, raíz unitaria y proceso estocástico se consideran sinónimos (Gujarati, 2010).

El número de raíces unitarias equivale al número de veces que se tiene que diferenciar una serie para hacerla estacionaria. Por lo tanto, si una serie I(1) tiene una raíz unitaria, entonces una serie I(d) tiene “d” raíces unitarias (Brugger, 2010).

Las regresiones econométricas que involucran variables no estacionarias fueron inicialmente analizadas por Granger y Newbold (1974) quienes las llamaron “regresiones espurias” y las caracterizaron por:

- Tener una elevada bondad de ajuste (R^2).
- Poseer un valor del estadístico Durbin-Watson (DW) excesivamente bajo, muy inferior al valor 2 que teóricamente corresponde a la ausencia de autocorrelación.

Las principales consecuencias de la presencia de autocorrelación de los errores en una regresión son:

- Los coeficientes estimados por la regresión son sesgados e ineficientes.
- Las proyecciones basadas en las ecuaciones son sub-óptimas.
- La significancia de las pruebas sobre los coeficientes no es válida.

Por lo tanto verificar si las series de tiempo tienen “d” raíces unitarias puede contribuir a evitar el problema de regresión espuria. Para ello existen diferentes estadísticos que prueban la existencia o no de estacionariedad. Para fines de este trabajo se utilizan las pruebas: Levin, Lin y Chu (2002); Im, Pesaran y Shin (1997) y Fisher-ADF (1932). El estadístico de prueba se distribuye como una normal estándar según la hipótesis nula de que todas las series poseen una raíz unitaria, es decir, las series del panel son integradas de orden 1. Esta es una de las características más importantes al estimar un VECM ya que para ello, es necesario que todas las series contempladas en el modelo sean integradas del mismo orden, de no ser así, los resultados del VECM no tienen sentido.

3.2.2 Cointegración

El desarrollo de la cointegración resulta necesario cuando se trata con series de tiempo. Esta propiedad no sólo es un prerrequisito para la formulación válida de un modelo de corrección de errores, sino también para la aplicación de técnicas estadísticas tradicionales (Vial, 1991).

Aunque la cointegración fue desarrollada por Engle y Granger (1987), en esta sección se describe con base en el trabajo de Anchuelo (1993) para una mejor comprensión. De esta forma, las variables que componen un vector x_t están cointegradas de orden (d, b):

$$x_t \sim CI\,(d\,, b) \tag{3.15}$$

Si todas ellas son integradas de orden d, I(d), y existe un vector α distinto de cero tal que:

$$z_t = \alpha' x_t \sim I(d-b), \qquad b > 0 \tag{3.16}$$

Es decir $\boldsymbol{z_t}$ es integrada de orden d menos b, siendo b mayor que cero. El vector α que origina una combinación lineal de variables I(d) con un orden de integrabilidad menor que d se denomina vector de cointegración. El caso más sencillo y de mayor relevancia, es d = b = 1.

Para simplificar aún más se presenta el caso en el que el vector $\boldsymbol{x_t}$ se compone de sólo dos variables, $\boldsymbol{x_{1t}}\ y\ \boldsymbol{x_{2t}}$. Entonces, normalizando el primer elemento del vector de cointegración se obtiene:

$$z_t = \alpha' x_t = (1, -\beta)\begin{pmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \end{pmatrix} = x_{1t} - \beta x_{2t} \tag{3.17}$$

Por tratarse de series no estacionarias, una combinación lineal arbitraria será en general no estacionaria. Pero si se trata de series cointegradas ha de existir una combinación lineal estacionaria dada por el vector de cointegración. La

interpretación económica de lo anterior es que existe una relación de equilibro a largo plazo entre las variables:

$$x_{1t} = \eta + \beta x_{2t} + z_t \tag{3.18}$$

Es importante mencionar que en la investigación económica el concepto de equilibrio tiene diversos significados. No obstante, desde un punto de vista matemático tan sólo se traduce en una relación lineal entre el conjunto de variables que se ha mantenido durante un largo periodo de tiempo. $\boldsymbol{x_{1t}}$ y $\boldsymbol{x_{2t}}$ se mueven de manera conjunta, de forma que aunque cada una de ellas sea integrada, su combinación lineal no lo es. $\boldsymbol{z_t}$ se puede interpretar como la distancia que separa al sistema del equilibrio a largo plazo.

Algunas propiedades de series cointegradas que son importantes incluso para el análisis de regresión tradicional son: al efectuar una regresión entre una variable que es I(1) y otra que es I(0) los resultados de ésta son espurios y debieran ser estadísticamente no significativos. Otra conclusión es que si no existe cointegración entre las variables de un modelo los errores no serán estacionarios y, por ende, se ven invalidadas todas las pruebas estadísticas tradicionales.

Cointegración bajo Engle y Granger

La prueba de cointegración de Engle y Granger plantea una metodología uniecuacional. Este método asume a priori que existe un sólo vector de cointegración en el modelo, además se debe asegurar que las variables sean estacionarias en primeras diferencias, es decir, deben tener a lo más una raíz unitaria. Posteriormente se estima una regresión por MCO de la forma:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_{it} + \sum_{i=n+1}^{n+j} \beta z_{it} + u_t \tag{3.19}$$

Donde y_t es la variable dependiente sobre la cual se desea estimar la relación de largo plazo, mientras que x_{it} y z_{it} corresponden a un conjunto de variables I(1) e I(0) respectivamente, t puede tomar valores desde 1 a T.

Una vez estimada la regresión por MCO (ecuación 3.19) se obtiene la serie de los residuos u_t sobre los cuales contrasta la existencia de cointegración entre las variables. Si hay cointegración, la serie de los residuos debe de ser estacionaria. Esto se comprueba mediante la aplicación de las pruebas de raíz unitaria descritas en la sección 3.2.1 (Levin, Lin y Chu; Im, Pesaran y Shin; y Fisher-ADF) a dichos residuos. La hipótesis nula es que los residuos son I(1), es decir, no hay cointegración. La hipótesis alternativa, que los residuos son I(0), esto es, que existe cointegración.

Cointegración bajo Johansen

La prueba de cointegración de Johansen (1988) permite confirmar si las variables (N) están cointegradas cuando N es mayor que dos y, si lo están, permite detectar el número de ecuaciones de cointegración, es decir, considera la posibilidad de que las variables en estudio se relacionan en más de una forma posible en el largo plazo. Por lo tanto, a diferencia de la prueba de cointegración de Engle-Granger, existe la posibilidad de que haya más de un vector de cointegración (en términos económicos más de una relación de equilibrio de largo plazo). De esta manera, si existen k variables endógenas (con una raíz unitaria) puede haber desde cero hasta k-1 relaciones de largo plazo (vectores de cointegración).

El procedimiento de Johansen (1988) no es más que una generalización multivariante de las pruebas de raíces unitarias. La ecuación a estimar es:

$$\Delta y_t = \pi y_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (3.20)$$

Donde y_t es un vector nx1, π es una matriz nxn y ε_t corresponde a un vector de errores estocásticos. Si el rango de π es cero todas las variables en el sistema tienen raíces unitarias (son no estacionarias) y no existe cointegración. En cambio si el rango de la matriz π es n, entonces todas las variables son estacionarias y hay cointegración en el sistema. Por lo tanto, el rango determina el número de relaciones de cointegración. Dado que la prueba de Johansen está incorporada en el programa econométrico Eviews a través del estadístico de traza, no es necesario realizar otros métodos para hallar el rango de la matriz π.

Así, si el rango de la matriz π es igual al número de autovalores (λ_i) que difieren de cero, al ordenarlos de manera ascendente $(\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \cdots > \lambda_n)$; la prueba de traza queda como se muestra a continuación:

$$\lambda_{traza}(r) = -T \sum_{i=r+1}^{n} In(1 - \hat{\lambda}_i) \qquad (3.21)$$

Bajo este estadístico se contrasta si hay como mucho r relaciones de cointegración. Si el valor supera al valor crítico tabulado por Johansen, se rechaza la hipótesis nula que se formula de la siguiente manera:

Primera Hipótesis

H_0: No existen vectores de cointegración

H_1: Existe al menos un vector de cointegración

Supongamos que se rechaza la primera hipótesis nula, esto indica que se debería de formular una segunda hipótesis:

H_0: Existe máximo un vector de cointegración

H_1: Existen al menos dos vectores de cointegración

Si nuevamente suponemos que el valor del estadístico es mayor al tabulado por Johansen, es decir, rechazamos la segunda hipótesis nula; se procedería a probar la tercera hipótesis nula:

H_0: Existen máximo dos vectores de cointegración

H_1: Existen al menos tres vectores de cointegración

Este procedimiento es un test secuencial dado que continúa hasta el punto en que ya no sea posible rechazar la hipótesis nula. Como información adicional es importante mencionar que esta prueba se dictamina bajo el supuesto de que los errores que surgen de las variables se distribuyen de forma normal e independiente, por ello, con la finalidad de garantizar que esto suceda, se debe elegir un número óptimo de rezagos que minimice la suma del cuadrado de los

errores. A menudo se utiliza el criterio de información de Aikaike que minimiza dicha suma para conocer el número óptimo de rezagos.

3.2.3 Modelo de Corrección del Error Vectorial

Como ya se mencionó, existen complicaciones cuando las series de tiempo utilizadas en una regresión son no estacionarias. Para superar este problema, muchos econometristas deciden transformar sus modelos a través de primeras diferencias o tasas de cambio para eliminar tendencias y así lograr la estacionariedad de las series. No obstante, Vial (1991) advierte que al realizar estas transformaciones se pierde, en la práctica, la posibilidad de imponer ciertas condiciones de equilibrio o regularidades que se dan entre variables en niveles. Es decir, si bien, recurrir a primeras diferencias resuelve el problema de regresión espuria desde un punto de vista estadístico, no tiene en cuenta la información de largo plazo contenida en los niveles de las variables, es decir, desde una perspectiva económica se pierde información porque una vez contenida en una regresión en tasas de crecimiento es distinta a la información comprendida en una regresión en niveles.

Como consecuencia, el modelo de corrección del error vectorial (VECM) busca superar estas limitaciones con una aproximación empírica: se estima un modelo de tasas de cambio, pero se incluye además un término de corrección de errores para forzar a que las tasas de cambio de las variables respondan a las desviaciones respecto a las condiciones de equilibrio de largo plazo que se desean imponer.

El VECM, utilizado por primera vez por Sargan (1984), y más tarde popularizado entre los econometristas por Engle y Granger (1987), corrige el desequilibrio. Un importante teorema conocido como teorema de representación de Granger, afirma que si dos variables Y y X están cointegradas, la relación entre las dos se expresa como MCE (Gujarati, 2010).

Algunas ventajas de este modelo sobre los tradicionales son las siguientes:

a) la capacidad en la estimación de la conducta de largo plazo de las variables que son potencialmente endógenas, al mismo tiempo que permite estimar las relaciones cointegrantes mediante correcciones de error en el corto plazo. De ahí su nombre, corrección del error, ya que cualquier desviación desde el equilibrio es ajustado gradualmente (Germán-Soto, 2016).

b) la combinación de variables en diferencias y combinaciones lineales de niveles de las series que son estacionarias, permiten incorporar la información de las teorías económicas en la desviación del equilibrio (variables en niveles) a la vez que evitan las regresiones espurias y los problemas inferenciales del uso de series no estacionarias (Rendón, 2003).

c) frente a la especificaciones dinámicas tradicionales, como los modelos de rezagos distribuidos y modelos de ajuste parcial, los Modelos de Corrección del Error tienden a tener menor colinealidad, por cuanto la correlación lineal entre las variables en niveles y en diferencias es menor, lo que permite una estimación más precisa de los parámetros; además este modelo puede captar más fácilmente la información dinámica contenida en los datos de series de tiempo económicas, al incluir diferencias de todas las variables (Rendón, 2003).

d) el modelo retiene la información sobre las relaciones a largo plazo entre las variables en niveles recogida en el término de corrección de errores, a la vez que permite flexibilidad en la especificación de sus relaciones a corto recogidas se puede aplicar la teoría econométrica convencional. Por el contrario, si se optase por modelizar tan solo en términos de variables diferenciadas, desaparecería la información sobre el largo plazo (Anchuelo, 1993).

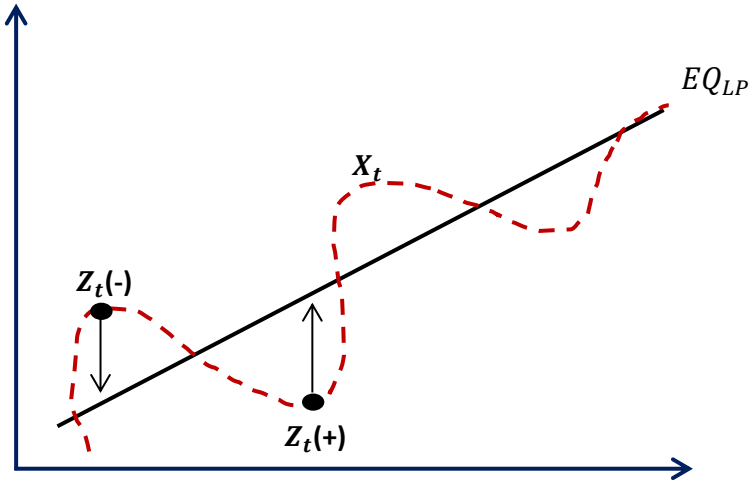
Así, el modelo de corrección de errores se especifica de la siguiente forma:

$$\Delta y_t = \beta_0 \Delta x_t - \Upsilon (y_{t-1} - k_0 - k_1 x_{t-1}) + u_t \qquad (3.22)$$

El modelo contiene al mecanismo de corrección de errores $(\boldsymbol{y_{t-1}} - \boldsymbol{k_0} - \boldsymbol{k_1 x_{t-1}})$ que captura las desviaciones de $\mathrm{y_t}$ con respecto a su valor de equilibrio en el periodo anterior. El coeficiente Υ retoma su valor entre -1 y 0 indicando la magnitud del ajuste de un periodo a otro; conforme tiende a uno se dice que la velocidad de ajuste es alta y conforme se mueve a cero dicha velocidad es lenta. Si Υ supera a la unidad en valor absoluto, no sería posible que $\mathrm{y_t}$ se ajuste al equilibrio. $\boldsymbol{k_1}$ es el multiplicador de largo plazo, es decir el parámetro que mide la respuesta de largo plazo de $\boldsymbol{y_t}$ ante un cambio de $\boldsymbol{x_t}$, y $\boldsymbol{\beta_0}$ es el coeficiente de impacto que mide los efectos de corto plazo en $\boldsymbol{y_t}$ ante un cambio en $\boldsymbol{x_t}$.

Para tener una perspectiva geométrica del mecanismo de corrección y su comportamiento, suponga que dada la serie $\boldsymbol{X_t}$ de orden I(1) existe una relación con su equilibrio de largo plazo (EQ_{LP}); $\boldsymbol{Z_t}$ es el coeficiente de corrección de error que mide la magnitud del desequilibrio. Para que dicho equilibrio exista efectivamente $\boldsymbol{X_t}$ debe de ser estacionaria ya que esto implica que la serie tienda a regresar a una media. La Figura 3.4 permite observar que los movimientos en el corto plazo pueden estar por arriba o por debajo del equilibrio de largo plazo (EQ_{LP}). Si éste se encuentra por arriba, el signo del coeficiente de corrección de error será negativo, puesto que tiende a bajar para recuperar el equilibrio. De lo contrario, si está por debajo de este, el signo del coeficiente será positivo, debido a que tenderá a subir para retomar el equilibrio de largo plazo.

Figura 3.4 Representación geométrica del coeficiente de corrección del error



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Base de datos e información disponible

En esta sección se describe la conformación de la base de datos, la fuente de información así como las características de cada una de las variables utilizadas según el propósito de esta investigación. La construcción de panel de datos está compuesta por 17 secciones de corte transversal que corresponden a las economías de América Latina consideradas en el análisis así como de siete series anuales durante el periodo 2006-2017.[20] La variable dependiente es la innovación mientras que las variables explicativas consideradas son: apertura comercial, gasto en I+D, capacidad de innovación, educación superior y capacitación, absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual. Todas las variables fueron obtenidas del Foro Económico Mundial (WEF por sus siglas en inglés).

La base de datos histórica del WEF fue elaborada con la finalidad de medir el nivel de competitividad de los países mediante el Índice Global de Competitividad que anualmente reporta dicha institución. Dispone de más de 114 variables distribuidas en 12 categorías denominadas "Pilares de competitividad" ya que cada uno de estos engloba ciertas variables específicas relacionadas con cada clasificación: instituciones, infraestructura, estabilidad macroeconómica, salud y educación primaria, educación superior y capacitación, eficiencia del mercado de bienes, eficiencia del mercado laboral, sofisticación del mercado financiero, preparación tecnológica, tamaño del mercado y factores de innovación y sofisticación. Cabe hacer mención que aunque existe esta separación, los indicadores no son independientes: tienden a reforzarse mutuamente, y una debilidad en un área a menudo tiene un impacto negativo en los demás (WEF, 2017).

La información contenida en la base de datos del WEF se define con base en un conjunto de indicadores que son (i) datos duros provenientes de fuentes oficiales nacionales e internacionales y (ii) datos provenientes de la Encuesta de

[20] Las 17 economías consideradas en este análisis son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

Opinión Ejecutiva (EOE). La EOE es la encuesta más larga y extensa de su tipo, que captura las opiniones de los líderes empresariales de todo el mundo sobre una amplia gama de temas para los cuales no existe información o las estadísticas están desactualizadas y no son confiables en muchos países. Por ello, se ha considerado una fuente de datos verdaderamente única y es utilizada por organizaciones internacionales y no gubernamentales, grupos de expertos y el mundo académico para el trabajo empírico y de políticas. Las variables aquí utilizadas corresponden tanto a datos duros provenientes de bases de datos internacionales como de información derivada de la EOE.

La EOE edición 2017 capturó las opiniones de 14,375 ejecutivos de empresas en más de 148 economías. Dicha encuesta comprende 150 preguntas divididas en 15 secciones que se aplica de distintas maneras como entrevistas personales o telefónicas con ejecutivos de empresas, formularios impresos y encuestas en línea. La mayoría pide a los encuestados que evalúen el aspecto de su entorno operativo, en una escala de 1 (la peor situación posible) a 7 (la mejor). Esta calificación indica cuán bien o mal está un país en un indicador determinado respecto a la escala de medición del 1 al 7 y, respecto a la calificación promedio de los países en ese indicador. Pero además, permite observar, cómo ha evolucionado un país en determinada dimensión, comparado con los años anteriores. Los datos que no se derivan de la EOE, es decir, los indicadores que provienen de fuentes de información internacionales se alinean con los resultados de la encuesta en la misma escala de 1 a 7 para que la agregación sea posible.

Para calcular los indicadores de cada economía se utiliza un promedio simple, es decir, para una pregunta determinada, todas las respuestas individuales tienen el mismo peso. Formalmente, el promedio del país de un indicador de encuesta i para el país c, denotado $q_{i,c}$ se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{q_{i,c} = \frac{\sum_{j}^{N_{i,c}} q_{i,c,j}}{N_{i,c}}}$$

Dónde:

$q_{i,c,j}$ es la respuesta a la pregunta *i* en el país *c* del encuestado *j*;

$N_{i,c}$ es el número de encuestados para la pregunta *i* en el país *c*.

Una vez que las respuestas se han agregado a nivel nacional, se realizan algunas pruebas para detectar un sesgo de percepción estadísticamente excesivo. Entre otras se estima una regresión lineal para predecir el puntaje promedio en los indicadores de la encuesta a partir del desempeño promedio en los otros indicadores. Los puntajes de las encuestas que se encuentran fuera del intervalo de confianza del 95 por ciento alrededor de los valores predichos se corrigen automáticamente mediante un factor derivado de la diferencia entre el valor observado y el límite del intervalo de confianza. También se hace una prueba de rango intercuartílico para identificar grandes oscilaciones positivas y negativas en los resultados y se consideran como valores atípicos que son eliminados.

3.3.1 Innovación

Como se ha explicado en los capítulos anteriores la innovación es un mecanismo eminente para el mejoramiento de la competitividad, del crecimiento económico de largo plazo y de la elevación de los niveles de bienestar social. Por ello, es importante analizar las condiciones que propicien la actividad innovadora de los países porque esto podría explicar el débil desempeño económico en algunos de los casos.

En la investigación científica sobre esta materia, muchos investigadores recurren al número de patentes registradas y al gasto en I+D porque estos indicadores brindan una aproximación sobre el nivel de innovación de una economía. Para fines de este trabajo se obtuvo la serie anual 2006-2017 del índice de innovación contenido en el Pilar 12 de la base de datos del WEF. Dicha variables es utilizada en el capítulo cuatro para analizar la dinámica de distribución de la innovación en los países de América Latina mediante la técnica de Cadenas

de Markov. Posteriormente se usa como variable dependiente en el Modelo de Corrección del Error Vectorial que se lleva a cabo en el capítulo cinco.

3.3.2 Apertura Comercial

En la parte teórica de este trabajo se comentó que la teoría del crecimiento endógeno (Grossman y Helpman, 1991 y Romer, 1991) aportó argumentos que relacionaron la apertura comercial con el crecimiento económico, específicamente el rol que desempeña el comercio en los procesos de innovación tecnológica. Por un lado, el comercio incentiva la actividad tecnológica mediante el acceso a nuevos productos de consumo y la importación de nuevos bienes de capital, los últimos propiciando una mejora tecnológica en los países debido al acceso a tecnologías productivas más eficaces generadas en otros países. Sobre lo anterior Alonso y Garcimartín (2005) agregan que el comercio permite a los países ampliar su acceso al stock de conocimiento disponible, beneficiándose de las externalidades y de los efectos de derrame tecnológicos

En este sentido, es importante considerar la relación positiva entre innovación y apertura comercial ya que puede inferirse que un mayor grado de apertura al comercio exterior incentiva la generación de un mayor tamaño de mercado para productos y tecnologías desarrolladas dentro de un país. Así, se esperaría que países que posean una especialización en producción y exportación de manufacturas tengan mayores incentivos a desarrollar nuevas tecnologías una vez que exista una liberalización comercial, en comparación al caso de países cuya especialización sea en recursos naturales, ya que la intensidad de participación de tecnología es generalmente mayor en industrias manufactureras; los indicadores de innovación, tales como gasto y personal trabajando en investigación y desarrollo, son determinados por la especialización, los incentivos y las distorsiones de cada economía (Santander, 2008).

Por lo tanto se consideró integrar una variable independiente como proxy al grado de apertura comercial. Esta variable fue obtenida de la base de datos histórica del WEF identificada como tamaño del mercado externo. El indicador se estima a través del valor total de las exportaciones de bienes y servicios de los

países como porcentaje del PIB (valorado en PPA) para finalmente alinearlo con la escala que caracteriza a la Encuesta de Opinión Ejecutiva.

3.3.3 Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D)

La Investigación y Desarrollo (I+D) es el trabajo creativo realizado en forma sistemática, es decir, no ocasional, con el objetivo de generar un nuevo conocimiento (científico o técnico) o de aplicar o aprovechar un conocimiento ya existente o desarrollado por otro.[21] En el capítulo anterior se describieron las tres grandes categorías en que se puede clasificar la I+D: la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.

El Gasto en I+D es uno de los indicadores más utilizados a nivel mundial para representar el esfuerzo de los países en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico. Además, en los modelos I+D revisados en el capítulo uno se llega a la conclusión de que los países que cuentan con un volumen de factor trabajo más elevado, podrán realizar más I+D generando a su vez una tasa creciente de productos innovadores. Sobre esto Grossman y Helpman (1994) argumentaron que el hecho de que las tasas de crecimiento del producto crecieran más rápido que las de la población y por lo tanto que las disparidades entre países y regiones se seguirían acentuando tenían que ver con la inversión en I+D y el grado de liberalización de los mercados.

Por tanto, se consideró integrar la variable gasto de las empresas en I+D por su íntima relación con el grado de innovación de los países. Dicha variable fue obtenida de la misma base de datos que se deriva de la Encuesta de Opinión Ejecutiva. La pregunta específica a los líderes empresariales es evaluar en qué medida las empresas de su país invierten en investigación y desarrollo (I + D). Como ya se ha señalado esta escala de valoración va del 1 (no invierten en absoluto en I + D) al 7 (invierten mucho en I + D).

[21] Definición tomada del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

3.3.4 Capacidad de innovación

La capacidad de innovación está basada en el grado en que las compañías son percibidas para adquirir tecnología, conducir investigación formal y ser pioneras en sus propios productos y procesos. Esta variable hace referencia a la medida en que las empresas pueden generar ideas que resulten de nuevos productos, servicios o modelos de negocios (Arredondo et al, 2016). La fuerte relación de la capacidad de innovar y la innovación permite considerar que la inclusión de esta variable como explicativa sea fundamental para la construcción del modelo, además de que es un buen indicador para entender las capacidades en materia de innovación con que cuentan los países.

La variable se obtiene de la misma base de datos que se construye mediante la Encuesta de Opinión Ejecutiva. La pregunta a los líderes empresariales está enfocada en valorar en qué medida las empresas de sus países tienen la capacidad de innovar. El método de respuesta se remite a estimar en 1 (si consideran que nada) y 7 (si creen que en gran medida).

3.3.5 Educación superior y capacitación

Dado que en la teoría del crecimiento endógeno se enfatiza en el papel que desempeña el capital humano y se utilizan como variables el nivel de escolaridad, la capacitación y la experiencia laboral, en la presente investigación se dispuso de la variable educación superior y capacitación como una proxy al capital humano. De acuerdo con Guzmán et al (2016), en el largo plazo una adecuada formación de capital humano potencia el crecimiento económico, mientras que en el corto plazo esta formación se debiese reflejar en mayores índices de eficiencia económica para cualquier rama de actividad dado que una formación adecuada de capital humano potencia la capacidad de las instituciones y países para el desarrollo de innovaciones.

Bajo este contexto, la variable educación superior y capacitación que pertenece a la base de datos en cuestión, evalúa diferentes aspectos como las tasas de matriculación en educación secundaria y terciaria, la calidad del sistema educativo

y la disponibilidad y alcance de la capacitación de personal especializado, por lo tanto la variable se construye a través de un promedio ponderado que considera cada una de estas dimensiones bajo el mismo método de la Encuesta de Opinión Ejecutiva.

3.3.6 Absorción de tecnología a nivel empresa

La absorción de tecnología a nivel empresa se refiere a la capacidad de las empresas para identificar, asimilar, transformar y captar conocimiento disponible en el entorno externo e integrarlo a través de mecanismos de aprovechamiento a la dinámica de conocimiento e innovación de la propia organización. Así, se seleccionó la variable absorción de tecnología a nivel empresa que califica la medida en que las empresas adoptan las últimas tecnologías en los países en la misma escala de medición que utiliza el Foro Económico Mundial.

Por lo anterior se espera que esta variable tenga una correlación positiva con la innovación ya que la habilidad de las empresas por captar tecnología debe ser entendida como un proceso de aprendizaje producto de la interacción con las demás empresas que está orientado a la innovación.

El proceso de aprendizaje debe de ser desarrollado con cautela dado que las tecnologías tienen elementos tácitos y sus principios básicos no son siempre claramente entendidos. Por lo tanto se debe entender que el cambio tecnológico a nivel empresarial es un proceso continuo de absorción o creación de conocimiento, determinado en parte por insumos externos y en parte por la acumulación pasada de habilidades y conocimientos (Bell y Pavitt, 1993; Lall, 1992).

3.3.7 Protección a la propiedad intelectual

Sobre la protección a la propiedad intelectual son variados los trabajos empíricos que estudian esta relación. Chen (2008) analiza los efectos de las leyes de protección de propiedad sobre las tasas de invención, donde encuentra que hay un efecto positivo y significativo. No obstante, menciona que aunque la legislación

sobre estos derechos es un incentivo económico sobre la innovación, no necesariamente es socialmente óptimo debido a la necesidad de aumentar la oferta de productos o servicios y facilitar las innovaciones de años posteriores.

Por su parte, Schneider (2005) utiliza el impacto de los derechos de propiedad sobre la innovación y encuentra un efecto positivo pero al comparar los resultados éste es menos significativo para los países en vías de desarrollo que en los desarrollados. Lo anterior puede significar que los intentos por innovar en los países en vías de desarrollo estén más ligados a la imitación o adaptación de tecnologías que a mecanismos de innovación interna.

La variable protección de la propiedad intelectual valora entre los líderes de opinión ejecutiva en qué magnitud está protegida la propiedad intelectual en sus países. La temática de calificación continua con la misma escala 1 (no está protegida) y 7 (está protegida en gran medida).

3.4 Comentarios finales

En este capítulo se fundamentó lo relacionado con las metodologías que se utilizan en la presente investigación. Por un lado se describió la técnica no paramétrica relacionada con las Cadenas de Markov, que son aplicadas a la dinámica de transición de la innovación en los países de América Latina, misma que se desarrolla en el capítulo cuatro de este trabajo. El objetivo de utilizar esta metodología es indagar si el proceso dinámico de distribución de la innovación en la región tiene un patrón que apunta hacia la convergencia o en su caso, divergencia, además de observar la existencia de grupos con características similares de innovación en la región.

También se describió la metodología paramétrica que consiste en un panel de datos integrado por 17 secciones cruzadas que corresponden a las economías de América Latina en la muestra y siete series anuales que van de 2006 al 2017. Se realiza un Modelo de Corrección de Error Vectorial para captar la relación de equilibrio de largo plazo pero también los efectos que las variables puedan tener en el corto plazo.

En esta metodología se describieron algunas herramientas econométricas que son útiles para el desarrollo del modelo como las pruebas de raíz unitaria y de cointegración. La cointegración indica que, a pesar de que dos series de tiempo sean no estacionarias en un nivel individual es posible que una combinación lineal de dos o más series de tiempo sea estacionaria. En sí, la cointegración considera que existe una relación de largo plazo o de equilibrio entre dos o más series de tiempo.

El modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM), es un método econométrico moderna debido a que hay una escasa utilización de la misma en las investigaciones económicas, esto debido a que en los primeros desarrollos de la econometría se asumía que las series de tiempo trabajadas eran estacionarias, aunque empíricamente fuera difícil de aceptar, lo cual hacía que se generaran sesgos en las inferencias estadísticas, pero poco después el avance en las investigaciones econométricas integró el concepto de regresión espuria así como la teoría de cointegración, por lo tanto se dio un nuevo enfoque al análisis de las series de tiempo que presentaban tendencias estocásticas, los cuales eran de mayor utilidad en las investigaciones de la economía.

Capítulo 4.

Dinámica de transición de la innovación en los países de América Latina: 2006-2017

Introducción

En el presente capítulo se analiza la dinámica en la distribución de la innovación en los países de América Latina para el periodo 2006-2017, ello a partir de los índices de innovación elaborados por el Foro Económico Mundial. El objetivo es determinar si el proceso dinámico de distribución de la innovación en la región tiene un patrón que apunta hacia la convergencia, o si por el contario presenta un comportamiento heterogéneo.

Dado que los trabajos empíricos sobre convergencia utilizan mayoritariamente modelos econométricos, una aportación del presente capítulo es la propuesta de una metodología alternativa, no paramétrica, que hace uso de las cadenas Markovianas. Para la región, esta técnica es relativamente escasa aunque, como

se verá, resulta promisoria y eficiente a los efectos de inquirir y formular explicaciones alternativas a las predominantes.

En el debate sobre convergencia es común utilizar el ingreso per cápita como variable dependiente. Un trabajo clásico es el realizado por Barro y Sala-i-Martin (1990) donde encuentran evidencia en favor de la convergencia, afirmando que el ingreso per cápita y el producto en los estados pobres tienden a crecer más rápido que en los estados ricos, sin embargo, argumentan que la tasa de convergencia no es rápida dado que la brecha disminuye aproximadamente en un dos por ciento anual.

No obstante, esa perspectiva no facilita escudriñar en las razones de la enorme disparidad que prevalece en los países y regiones del mundo en cuanto a la innovación. Por lo tanto, se abordará la discusión utilizando un índice de innovación construido por el Foro Económico Mundial, con el cual es posible analizar la dinámica de innovación en los países de la región Latinoamericana, con un enfoque metodológico no paramétrico, al tenor de lo realizado por Quah (1993a, 1993b y 1996).

De esta manera, la pauta que guiará el análisis de este capítulo es observar si en el periodo 2006-2017 los países de América Latina han tendido hacia la convergencia en materia de innovación. Este periodo se ha caracterizado por un incremento importante del conocimiento y ha sido un recurso clave de las organizaciones y una fuente cada vez más valiosa de ventaja competitiva (Hitt, 2001). Por lo anterior se formulan las siguientes hipótesis: ***[1] a partir del desempeño en materia de innovación en los últimos años la dinámica distribucional de la misma tiene un comportamiento heterogéneo en los países de la región; y [2] la dinámica de la innovación permite observar la formación de grupos con características similares haciendo más grande la divergencia en este entorno entre los países de la región en los últimos años.***

4.1 La distribución de la innovación en América Latina

El análisis comparativo entre los países de América Latina se realiza utilizando los índices de innovación del periodo 2006-2017. Se cuenta con información para cada país, a partir de la base de datos históricos del Índice Global de Competitividad 2006-2017, que construye el Foro Económico Mundial.

Con lo anterior, es posible identificar las diferencias en materia de innovación en los países de la región. Primero considerando tres sub-periodos de cuatro años y posteriormente para el periodo de análisis completo, cuyas tendencias se observan en los siguientes mapas.[22] Esta distribución se ve reflejada de acuerdo al tono del color: conforme se incrementa la tonalidad se indica que los países presentan mayor nivel de innovación.

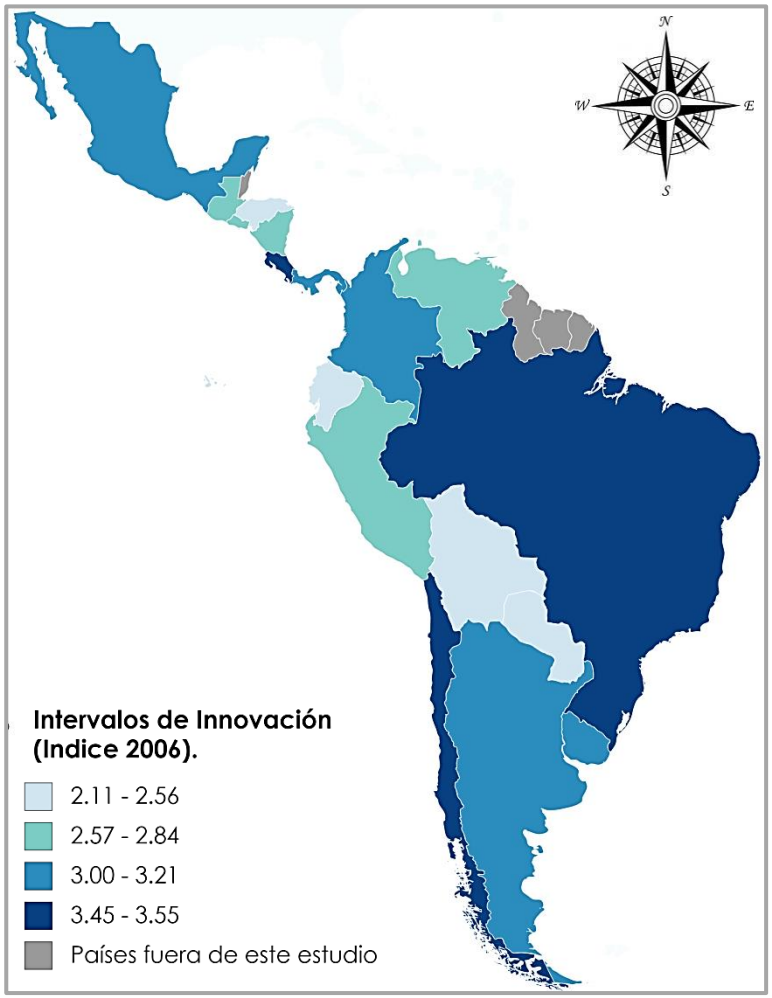
De esta forma, se pueden identificar las diferencias en innovación en los países de la región a lo largo de los cuatro periodos de análisis. Se observa claramente el grado de heterogeneidad y los cambios que se generan entre cada periodo. Para 2006, los países con mayor índice de innovación resultaron ser Costa Rica, Brasil y Chile; mientras que los menos favorecidos fueron Paraguay, Bolivia, Honduras y Ecuador. En 2010, la distribución de la innovación se mantuvo relativamente en la misma tendencia, aunque con pequeños cambios al observarse una mejora en el índice de innovación de Honduras y Guatemala, al tiempo que El Salvador y Nicaragua empeoraron su situación de innovación.

Para 2014 se aprecia un cambio brusco en el patrón antes observado ya que países como Brasil, Venezuela y Perú tuvieron un descenso en sus índices de innovación, por otro lado sorprende el caso de El Salvador que se ubicó dentro de los países con un mayor coeficiente. Para el último año de estudio, Chile y Costa Rica fueron los “más innovadores”; Brasil, Argentina y Colombia se ubicaron en un rango medio, mientras que Nicaragua y Venezuela mantuvieron los índices más bajos de la región.

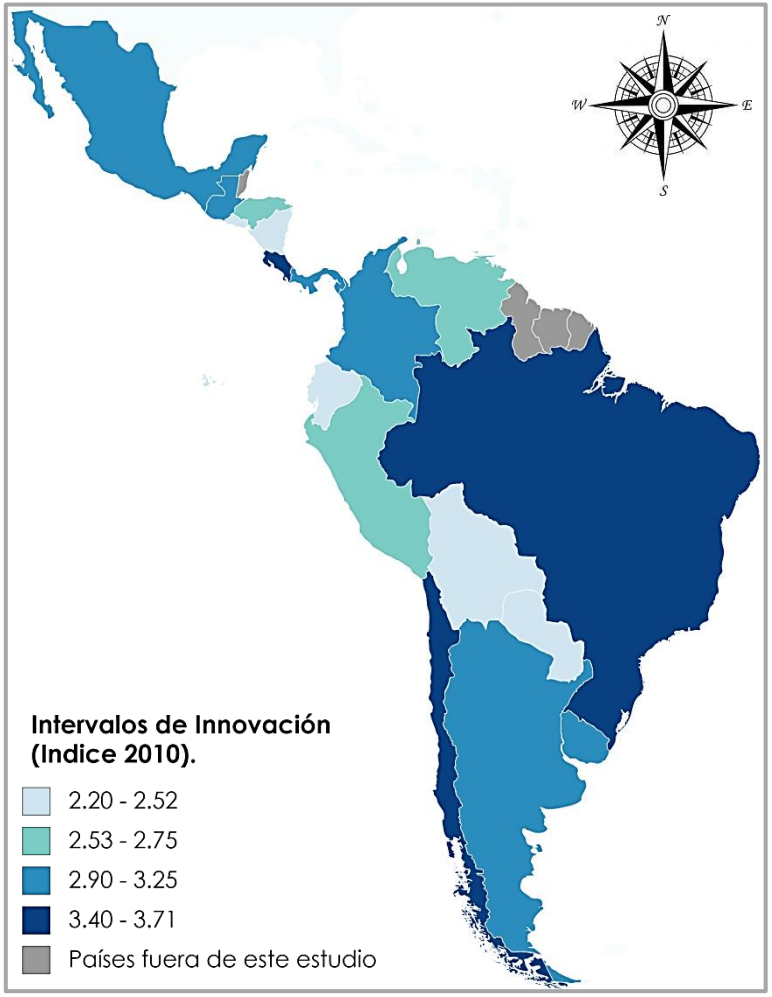
[22] Los sub-periodos considerados son: 2006-2010; 2010-2014; y 2014-2017. El periodo completo comprende de 2006 a 2017.

Mapas de innovación de los países de Américo Latina 2006, 2010, 2014 y 2017

Mapa 1. Innovación 2006

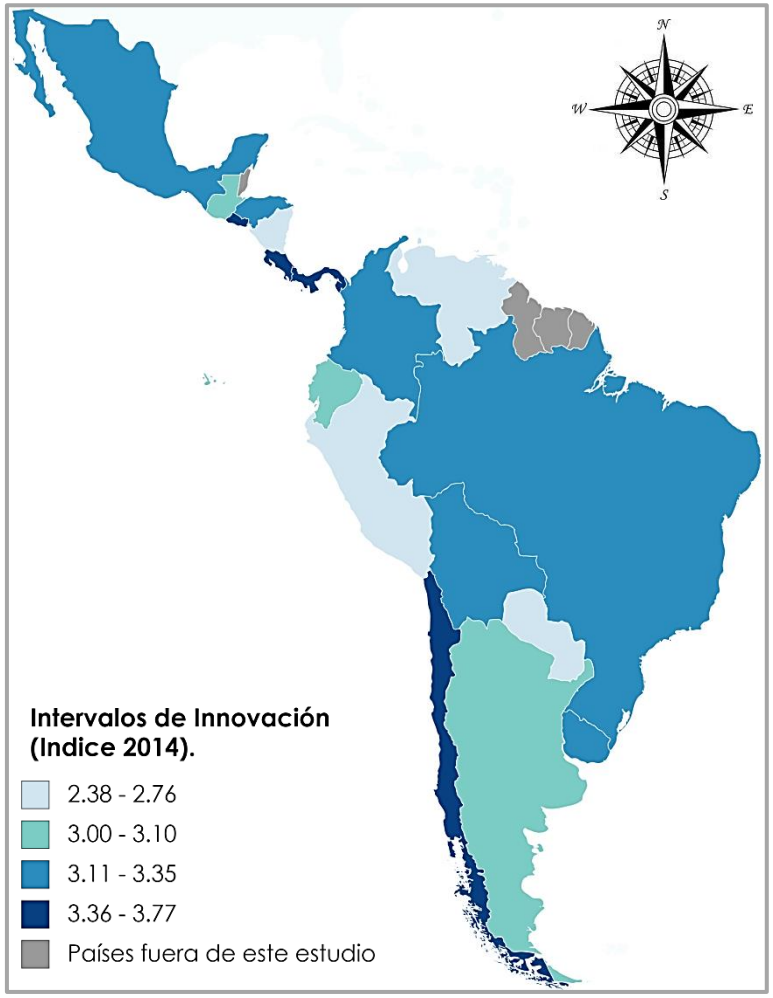


Mapa 2. Innovación 2010

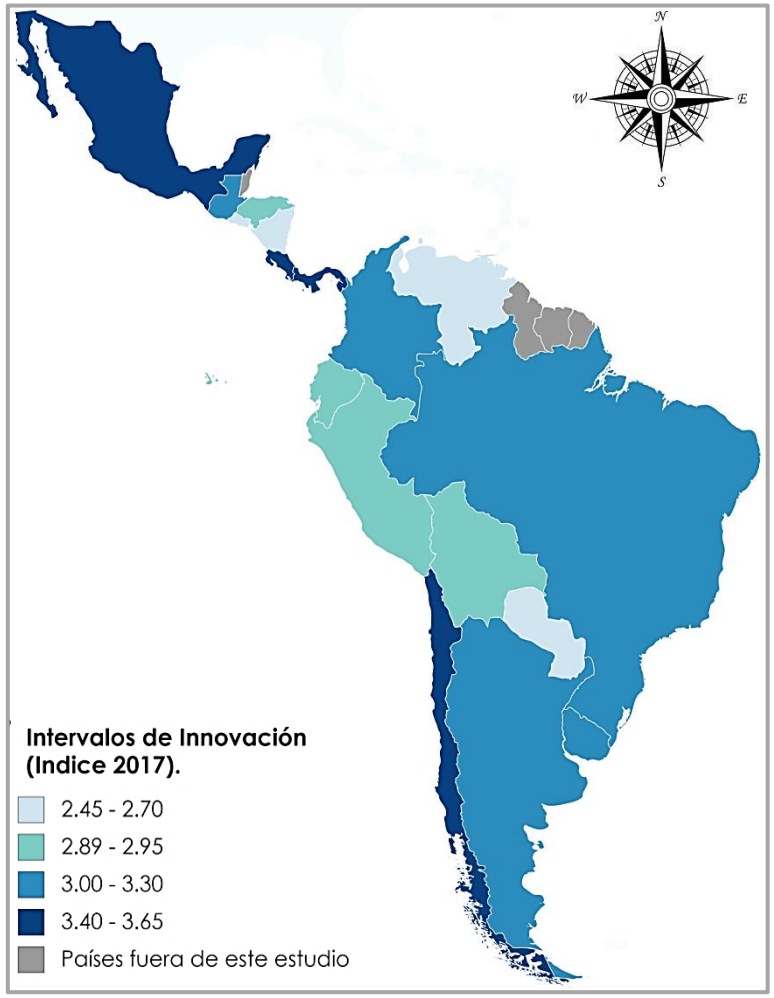


Continúa…

Mapa 3. Innovación 2014



Mapa 4. Innovación 2017



Fuente: Elaboración propia con datos del Foro Económico Mundial.

Los mapas anteriores permiten tener una perspectiva sobre las diferencias en la distribución de la innovación entre los países de América Latina. No obstante se vuelve más interesante observar el comportamiento de dicha distribución en el tiempo y evaluar si la innovación presenta un patrón hacia la convergencia (es homogénea en la región) o de lo contrario, está concentrada en unos pocos países. Para ello se plantea analizar la dinámica de transición de la innovación entre los países de un periodo a otro.

Para examinar la transición de la innovación es necesario construir los vectores de estado inicial, las matrices de transición, así como los vectores de las probabilidades del estado estacionario. Este análisis se complementa con la construcción de gráficas de densidad Kernel, las cuales permiten tener una perspectiva visual de dicha transición.

El vector de estado inicial $\left[a^{(0)}\right]$ se construye a partir del número de países que en el año inicial se encuentran en cada estado de distribución divididos entre el total de países de la muestra. El vector indica la probabilidad de que el sistema se encuentre en cada uno de los estados en la etapa inicial por lo que además de presentar la distribución inicial de los países dentro de las distintas categorías de innovación, brindan una primera aproximación de la formación de grupos con características similares de innovación.[23]

De esta manera, los vectores de estado inicial se construyeron tomando en cuenta la distribución de los países en cada estado de innovación en los años 2006, 2010 y 2014. El Cuadro 4.1 muestra que Paraguay, Nicaragua y Venezuela fueron los países que durante los doce años de análisis se mantuvieron en el rango más bajo de innovación, seguidos por Bolivia, Ecuador y Guatemala. En un nivel intermedio de innovación destacan Argentina, México, Colombia países que en la última década se han caracterizado por su estabilidad macroeconómica y por tener un nivel de población mayor a media regional.

[23] Para efectos del presente análisis hablar de estado es hacer referencia a una posición en la distribución.

Cuadro 4.1. Transición de la innovación en los países de América Latina

(Periodo completo y Sub-periodos)

Rango	2006-2010			2010-2014			2014-2017			2006-2017		
	se mantiene	*mejora*	*empeora*	*se mantiene*	*mejora*	*empeora*	*se mantiene*	*mejora*	*empeora*	*se mantiene*	*mejora*	*empeora*
Bajo	Paraguay Bolivia Ecuador	Honduras		Paraguay Nicaragua	Ecuador Bolivia El Salvador		Venezuela Paraguay Nicaragua	Perú		Paraguay	Bolivia Honduras Ecuador	
Medio-Bajo	Perú	Guatemala	Nicaragua El Salvador Venezuela	Perú	Honduras	Venezuela	Ecuador	Argentina Guatemala		Perú	Guatemala	Nicaragua El Salvador Venezuela
Medio-Alto	Uruguay Panamá Argentina México Colombia			México Colombia Uruguay	Panamá	Guatemala Argentina	Uruguay Colombia Brasil	México	Bolivia Honduras	Uruguay Argentina México Colombia	Panamá	
Alto	Chile Brasil Costa Rica			Chile Costa Rica		Brasil	Chile Panamá Costa Rica		El Salvador	Chile Costa Rica		Brasil

Fuente: Elaboración propia con datos del Foro Económico Mundial.

En el estrato más alto se agrupan países como Brasil, Panamá, Costa Rica, y Chile, estos dos últimos destacando por haberse mantenido en el nivel más alto de innovación durante los doce años de estudio, además de destacar como los más competitivos en los últimos años, según el Foro Económico Mundial. Lo anterior, ayuda en la caracterización de la formación de "Clubes" o grupos. Esto dado que hay países que durante los tres periodos se mantuvieron sin cambio en el mismo estado. Dicha situación brinda elementos para aproximarnos a probar la hipótesis de formación de grupos con características similares de innovación dentro de los países de la región.

Para la elaboración de las matrices de transición se seleccionaron los coeficientes de innovación en los años 2006, 2010, 2014 y 2017 de cada país. El procedimiento se detalla a continuación:

- Se ordenaron los índices de innovación del año en cuestión, de menor a mayor para después compararlo con el segundo año, lo cual permite observar la transición de la innovación de 2006 a 2010.
- A partir del promedio regional de los índices se definieron intervalos o rangos de los índices de innovación. Lo anterior permitió obtener el peso de cada país sobre dicho promedio; así los países se posicionan dentro de uno de los cuatro estados que se denominaron: Bajo, Medio-Bajo, Medio-Alto y Alto asignados de acuerdo con su índice de innovación.[24]
- Se realiza una comparación entre los países, de acuerdo con el intervalo al que pertenecían en el año inicial con el intervalo al que se trasladaron en el segundo año (puede o no haber cambio).
- Los pasos anteriores permiten elaborar la matriz de transición en función del número de países que permanecieron en el mismo estado y de los que cambiaron de posición. Una vez elaborada la matriz de transición debe tenerse en cuenta que la suma de las filas es igual a la unidad.

[24] Se consideraron tres puntos de corte para segmentar los países en los cuatro estados de distribución de la innovación. El segundo corte se estableció en la unidad; el tercero se definió considerando el promedio de aquellos países con un peso regional mayor a la unidad, mientras que el primer corte se obtuvo con el promedio de los países con un peso regional menor.

Para efectos de la interpretación de los resultados es importante observar la diagonal principal de las matrices de transición porque permite determinar si hubo, o no, cambios de un estado a otro entre los países considerados en la muestra.

Con el fin de tener una perspectiva visual de la dinámica de transición se estimaron las gráficas de densidad Kernel como una alternativa no paramétrica para observar la dinámica distributiva de la innovación de manera continua. Con ello se robustecen los resultados anteriormente descritos mediante las matrices de transición. El tipo de función Kernel utilizado es la de tipo normal-bivariante, realizadas en el Software Rstudio (2018). Para la construcción de las funciones de densidad nuevamente se hace uso de los índices de innovación construidos por el Foro Económico Mundial para los países de América Latina considerados en la muestra.

Para obtener la matriz del segundo estado de transición se siguió la metodología descrita en el capítulo tres donde la matriz de transición para cada periodo se eleva al cuadrado. La nueva matriz indica la probabilidad de que un país cambie de intervalo en el siguiente periodo, en este caso en los próximos cuatro años. Así, el segundo estado de transición permite realizar una proyección de la distribución de la innovación en los países de la región para cualquier estado en un tiempo futuro (Gutiérrez et al. 2011).

Posteriormente los vectores de estado estacionario describen las probabilidades fijas en las que converge el proceso de Markov cuando n→∞. Estas probabilidades se definen como:

$$\pi_j = \lim_{n\to\infty} a_j^{(n)}, \qquad j = 0, 1, 2, \ldots$$

las cuales surgen de multiplicar $a^0 P^n$.

donde:

$a^0 = vector\ de\ estado\ inicial$

$P = matriz\ de\ transición$

La multiplicación de $a^0 P^n$ indica que después de una transición adicional, las probabilidades π permanecen sin cambio, por ello, representan la distribución de estado estacionario. En este estudio los vectores de estado estacionario convergen a cinco decimales e indican el comportamiento de la distribución en el largo plazo, si las condiciones iniciales se mantienen constantes.[25]

En las siguientes secciones se analizan los vectores de estado inicial, las matrices de transición, de segundo estado de transición, la dinámica de innovación mediante las gráficas de densidad Kernel, así como las probabilidades del estado estacionario para cada uno de los sub-periodos así como para el periodo completo de esta investigación.

4.2 Dinámica de transición del Sub-periodo 2006-2010

El vector de estado inicial correspondiente al año 2006 (Cuadro 4.2) indica que un 24 por ciento de los países de América Latina se encuentran en el rango más bajo de innovación. Además, hay una proporción similar de países (29 por ciento) que están en un nivel medio-bajo y medio-alto, mientras que en el nivel más alto de innovación de la región se encuentra un 18 por ciento. También puede ser entendido de la siguiente manera: existe una menor probabilidad de mejorar el nivel de innovación en la región, pues en el rango más alto existe solo un 18 por ciento.

Cuadro 4.2 Vector de estado inicial 2006

Año	***Estado***			
	Bajo	*Medio-Bajo*	*Medio-Alto*	*Alto*
2006	*0.24*	*0.29*	*0.29*	*0.18*

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

La dinámica de transición de la innovación entre los países de la región para el primer sub-periodo analizado (2006-2010) se refleja en la matriz de transición del Cuadro 4.3. Se observa que en los primeros dos rangos de la clasificación se presentaron cambios en los niveles de innovación, situación que se distingue al

[25] Las probabilidades de estado estable para el periodo 2006-2010 no se indican en el cuadro debido a su distribución inicial, en donde en el estado Medio-Alto y Alto no se presentaron cambios. El vector no converge en la distribución de largo plazo para este periodo.

haber proporciones menores a la unidad en la diagonal principal de la matriz. En cambio, los dos últimos rangos no presentaron cambios, esto sucede cuando en la matriz algunas celdas de su diagonal reflejan la unidad.

Cuadro 4.3 Matriz de Transición 2006-2010

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
4	Bajo	0.75	0.25	0	0
5	Medio-Bajo	0.60	0.20	0.20	0
5	Medio-Alto	0	0	1.00	0
3	Alto	0	0	0	1.00

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

El primer elemento de la matriz indica que existe un 75 por ciento de probabilidad de que los países que iniciaron en un nivel bajo de innovación se mantengan en ese mismo nivel y solo un 25 por ciento de probabilidad de moverse hacia un nivel más alto, dado que comenzaron en el nivel más bajo de la región. Los países que permanecieron en el primer periodo en estudio en el nivel más bajo de innovación son: Paraguay, Bolivia y Ecuador; mientras que Honduras mejoró su nivel.

Para el nivel Medio-Bajo de innovación se percibe una probabilidad baja (20 por ciento) de mantenerse; un 60 por ciento de trasladarse a un nivel más bajo, mientras que las posibilidades de mejorar apenas son del 20 por ciento. Perú fue el único país que se mantuvo en este rango; Guatemala mejoró, mientras que Nicaragua, El Salvador y Venezuela empeoraron su rango de innovación. Finalmente en los rangos Medio-Alto y Alto no hubo cambios en ese periodo de transición, es decir, el total de los países que inicialmente se encontraban en estos rangos permanecieron en el periodo sin cambio alguno.

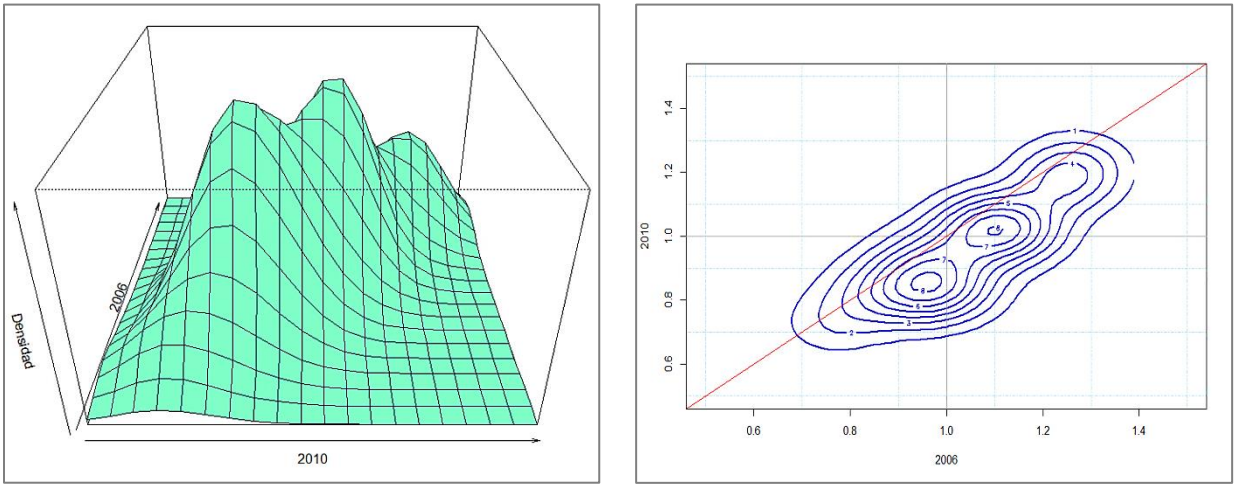
En la Figura 4.1 a) se graficó la función de densidad para observar la transición de una forma visual. Se aprecia la formación de tres elevaciones que representan tres aglomeraciones en materia de innovación entre los países de la región. Con la matriz de transición se constató que mientras tres países permanecieron en el rango más bajo de innovación, otros tres ingresaron a este, así en esta transición

(2006-2010) seis países fueron clasificados dentro del nivel más bajo de innovación: Paraguay, Bolivia, Ecuador, Nicaragua, El Salvador y Venezuela. Se demostró que en los dos niveles más altos de innovación no hubo cambios, es decir, los países que en el año inicial estaban en estos rangos permanecieron ahí al término del periodo.

En el nivel Medio-Alto de innovación permanecieron Uruguay, Panamá, Argentina, México y Colombia. Se adhirió Guatemala quien mejoró su situación al provenir del nivel Medio-Bajo. Finalmente cinco países comenzaron en el nivel más alto de innovación y ahí permanecieron en la transición 2006-2010.

Por lo tanto, la gráfica de densidad Kernel indicada en la Figura 4.1 a) muestra una distribución casi equitativa de los 17 países considerados, situación que se ve reflejada en las tres aglomeraciones que componen la gráfica.[26] Por su parte, la Figura 4.1 b) permite apreciar las mismas concentraciones entre los países mediante los contornos de la función de densidad Kernel.

Figura 4.1 Función de densidad Kernel, 2006-2010



a) Perspectiva b) Contornos

La proyección de la dinámica de la innovación para el año 2014 se informa en la matriz de segundo estado de transición del Cuadro 4.4. Las probabilidades de permanecer en el mismo intervalo de innovación inicial son muy altas (con

[26] La palabra "Equitativa" hace referencia a que los grupos de innovación están formados por un número similar de países.

excepción del nivel Medio-Bajo, los cuales aún pueden empeorar con probabilidad del 57 por ciento). Esto permite observar que en el lapso de cuatro años, la distribución de la innovación no presentaría cambios significativos entre los países. Sin embargo la matriz de transición inicial (Cuadro 4.3) presentó algunos cambios en la distribución considerando que los rangos Medio-Alto y Alto conservaron la probabilidad más alta de permanencia.

Cuadro 4.4 Matriz de segundo estado de transición, 2006-2010

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
4	Bajo	0.71	0.24	0.05	0
5	Medio-Bajo	0.57	0.19	0.24	0
5	Medio-Alto	0	0	1.00	0
3	Alto	0	0	0	1.00

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

Cabe hacer mención que para este sub-periodo no se presenta el vector de probabilidades de largo plazo debido a que en la distribución de la innovación no se presentaron cambios en los estados Medio-Alto y Alto. Condición que se observa en la diagonal de la matriz de transición. Por lo tanto para este sub-periodo en particular, el vector de estado estacionario no converge a una distribución única en el largo plazo.

4.3 Dinámica de transición del Sub-periodo 2010-2014

Para este sub-periodo, el vector de estado inicial se muestra en el Cuadro 4.5. El porcentaje de países situados dentro del rango más bajo de innovación se incrementó a un 29 por ciento respecto del periodo anterior. Los países dentro del rango Medio-Bajo tuvieron una disminución al 18 por ciento, mientras que el 35 por ciento se ubicó en el rango Medio-Alto. En el nivel más alto se ubicó el 18 por ciento, por lo que la probabilidad de pasar al nivel más alto de innovación en la región continuó siendo la más baja.

Cuadro 4.5 Vector de estado inicial 2010

Año	*Estado*			
	Bajo	*Medio-Bajo*	*Medio-Alto*	*Alto*
2010	*0.29*	*0.18*	*0.35*	*0.18*

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

La dinámica de transición se muestra en el Cuadro 4.6. La matriz de transición muestra diferencias significativas respecto de la primera. En este caso se observa que la diagonal principal refleja variaciones indicando una menor persistencia en la mayoría de los niveles de innovación, tal es el caso del primer rango con una probabilidad del 40 por ciento de mantenerse en dicho nivel, mientras que las posibilidades de mejorar su posición inicial es mayor (60 por ciento).

Para el segundo rango las probabilidades son iguales (33 por ciento) entre permanecer, moverse a un rango superior o inferior. Posteriormente se observa que la probabilidad de mantenerse un país que inició en un nivel Medio-Alto es del 50 por ciento, mientras que existe una mayor probabilidad de desplazarse hacia un nivel más bajo que incrementar su capacidad innovativa. Finalmente, para el rango de innovación más alto existe una probabilidad de 67 por ciento de permanecer y un 33 por ciento de disminuir su nivel de innovación.

De acuerdo con la transición de los países para el nivel más bajo de innovación los países que se mantuvieron fueron Paraguay y Nicaragua, mientras que las economías que transitaron a un mayor intervalo de innovación fueron Ecuador, Bolivia y El Salvador. Para el segundo intervalo de innovación, Perú se mantuvo; Honduras mejoró y Venezuela empeoró. En cuanto al tercer intervalo, México, Colombia y Uruguay se mantuvieron; Panamá mejoró su estado, mientras que Guatemala y Argentina pasaron a un nivel más bajo. Por último, en el nivel más alto de innovación permaneció Chile y Costa Rica, mientras que Brasil empeoró su estado inicial.

Cuadro 4.6 Matriz de Transición 2010-2014

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
5	Bajo	0.40	0.20	0.40	0
3	Medio-Bajo	0.33	0.33	0.33	0
6	Medio-Alto	0	0.33	0.50	0.17
3	Alto	0	0	0.33	0.67

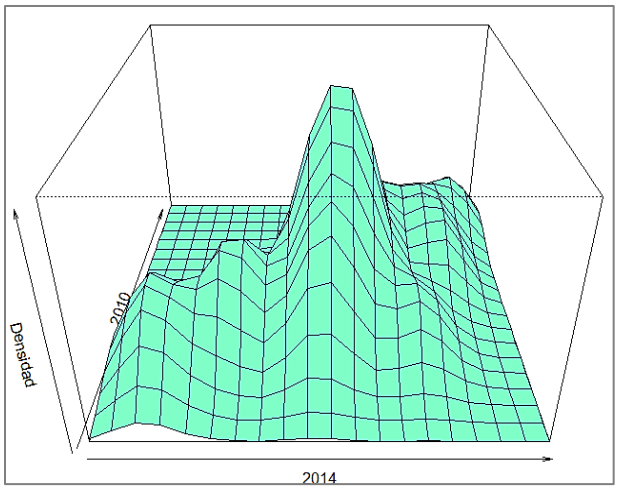
Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

La perspectiva visual se observa en la Figura 4.2 a). Se aprecia una elevación más marcada, que representa a siete países de la región ubicados en el nivel Medio-Alto de innovación. Aunado a esto se observan tres elevaciones de menor preponderancia los cuales representan la distribución de países casi de forma equitativa entre los rangos de innovación restantes.

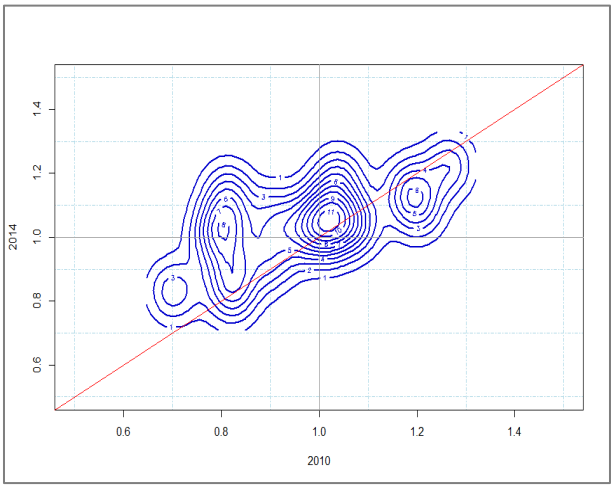
La matriz de transición para este sub-periodo evidenció que mientras dos países permanecieron en el rango más bajo de innovación, otro regresó a este. Así en esta transición tres países fueron catalogados dentro del nivel más bajo de innovación: Paraguay, Nicaragua y Venezuela.

El intervalo de innovación Medio-Alto merece especial atención ya que en este se concentraron siete países. Tres países iniciaron y permanecieron en dicho intervalo durante la transición: México, Colombia y Uruguay; además se incorporaron Bolivia, El Salvador y Honduras, países que mejoraron su situación al provenir de niveles más bajos de innovación así como Brasil, quien de estar en el nivel más alto de innovación empeoró su situación y se sumó a los siete países que conformaron el rango Medio-Alto. Estas consideraciones se aprecian en la gráfica de densidad Kernel de la Figura 4.2 a) y b) donde se destacan los contornos de la función de densidad Kernel.

Figura 4.2 Función de densidad Kernel, 2010-2014



a) Perspectiva



b) Contornos

La matriz de segundo estado de transición que muestra la proyección para el año 2017 del Cuadro 4.7 señala que las probabilidades de permanecer en el mismo intervalo de innovación o mejorar son mayores. Para el caso del nivel Bajo de innovación se presentan probabilidades del 43 por ciento de mejorar su estado inicial a un nivel Medio-Alto de innovación, de igual manera los de Medio-Bajo con un 41 por ciento. Mientras que para los dos mayores rangos (Medio-Alto y Alto) sus probabilidades de permanecer en dicho nivel son mayores que desplazarse hacia otro estado. Lo anterior presenta una mejoría en la distribución de la innovación entre los países de la muestra. Esta información es consistente con la matriz de transición, 2014-2017 donde también se muestra que diez países tienen probabilidades altas de permanencia en los niveles más altos de innovación.

Cuadro 4.7 Matriz de segundo estado de transición, 2010-2014

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
5	Bajo	0.23	0.28	0.43	0.07
3	Medio-Bajo	0.24	0.29	0.41	0.06
6	Medio-Alto	0.11	0.28	0.42	0.19
3	Alto	0	0.11	0.39	0.50

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

El vector de probabilidades de largo plazo se muestra en el Cuadro 4.8. El número de países que estaría en cada estado de la distribución se refleja dentro del paréntesis. El vector indica que si se mantienen las condiciones de la distribución de países de 2010 y se considera la variación del año 2014 después de 30 periodos, dos países estarían en el nivel más bajo de innovación, cuatro en el nivel Medio-Bajo, siente países estarían posicionados en el nivel Medio-Alto y cuatro en el Alto. En este caso se observa que la mayoría de los países (65 por ciento) se encuentran en los dos niveles más altos de innovación y en menor medida en los dos niveles más bajos (35 por ciento). Como se verá más adelante, esta situación es un indicio que apunta a la convergencia de innovación en la región para este periodo en particular.

Cuadro 4.8 Probabilidades de estado estacionario 2010-2014

Periodo	Bajo		Medio-Bajo		Medio-Alto		Alto		***Transiciones***
2010-2014	0.13699	***(2)***	0.24658	***(4)***	0.41096	***(7)***	0.20548	***(4)***	30

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

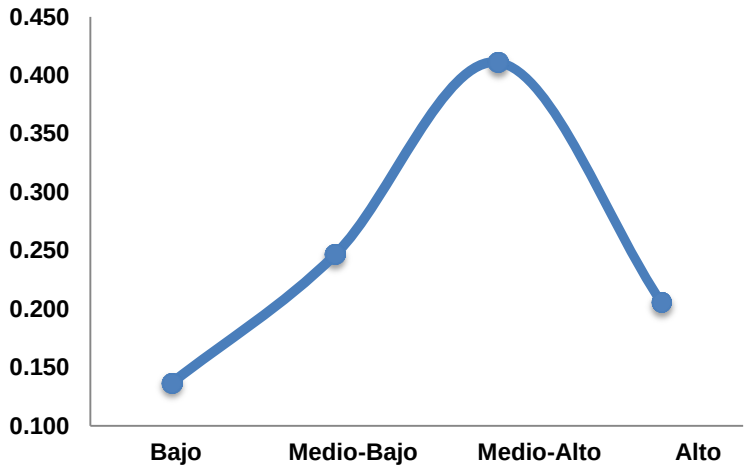
El vector de estado estacionario constituye un indicio en favor de la convergencia o la divergencia de la siguiente manera: si un vector presenta un único máximo (unimodal), entonces se estará sugiriendo la convergencia de las unidades en un determinado estado. Si la distribución es bimodal o multimodal esto se traducirá como una tendencia a la polarización (Villaverde y Sánchez-Robles, 2001)

Bajo este contexto, Quah (1993, 1996 y 1997) sostiene que una distribución bimodal es un caso particular que indica la presencia de atractores locales de las regiones que definirían los "clubes de convergencia", pero este resultado no es sinónimo de convergencia, más bien representa un proceso de polarización que indica la asociación entre regiones productivamente distantes o polarizadas.

En este sentido, si consideramos la Figura 4.3 que ilustra al vector de estado estacionario para el periodo 2010-2014 se observa que la distribución es unimodal

con un máximo en el tercer estado (Medio-Alto). Para este periodo en particular, la prueba sugiere convergencia regional en materia de innovación entre los países de América Latina considerados en la muestra. En sintonía con lo anterior, es importante señalar que al examinar los tres sub-periodos, fue en este (2010-2014) donde un mayor número de países mejoraron su situación de innovación al pasar a un nivel más alto del que inicialmente se encontraban, estos países fueron: Ecuador, Bolivia, El Salvador, Honduras y Panamá.

Figura 4.3 Distribución del vector de estado estacionario 2010-2014



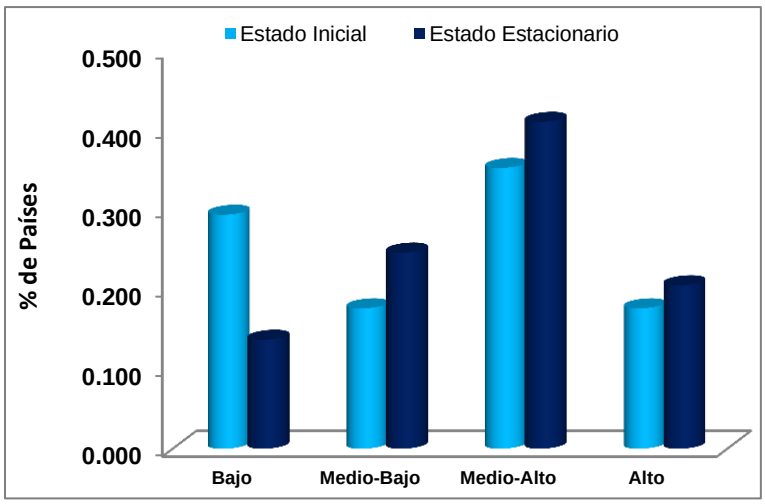
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el vector de estado estacionario para este sub-periodo en particular permiten argumentar que los países de América Latina transitaron hacia mayores niveles de innovación. Las distribuciones de estado estacionario sugieren que las probabilidades se concentrán a partir del tercer intervalo (Medio-Alto). Además se observa un mayor peso relativo en este rango, dado lo cual la dinámica de los países ubicados en el tercer y cuarto intervalo de innovación podría incitar a mejorar los niveles de innovación de la región en el largo plazo.

Una forma útil de observar los cambios en la distribución de la innovación es hacer una comparación de los vectores de estado inicial y de estado estacionario. La Figura 4.4 permite observar una disminución en la proporción de países ubicados en el primer intervalo de innovación, así tres países transitaron hacia un

nivel mayor. De esta manera se aprecia que en el largo plazo existe una mayor concentración en el centro de la distribución, donde el nivel Medio-Bajo y Medio-Alto concentrarían 11 países, situación que sigue apuntando a la convergencia en innovación para este periodo.

Figura 4.4 Proporción de los países según su estado inicial y estado estacionario 2010-2014



Fuente: Elaboración propia

4.4 Dinámica de transición del Sub-periodo 2014-2017

El vector de estado inicial para 2014 muestra que hay pequeños cambios en la distribución total de la innovación. Mientras que la mayor proporción de los países están en el rango medio-alto (35 por ciento) se observa que tanto el nivel más bajo como el más alto concentran un porcentaje similar del 24 por ciento. Es decir, en este periodo la probabilidad de mejorar el nivel de innovación en la región fue superior a los dos periodos anteriores (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9 Vector de estado inicial 2014

Año	***Estado***			
	Bajo	*Medio-Bajo*	*Medio-Alto*	*Alto*
2014	*0.24*	*0.18*	*0.35*	*0.24*

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

Por otro lado, las probabilidades de transición para este sub-periodo se muestran en el Cuadro 4.10. Se observa un incremento en las probabilidades de

mantenerse en el rango inicial, es decir, para los países dentro del nivel bajo de innovación, la probabilidad de mantenerse es del 75 por ciento; para los de Medio-Alto es del 50 por ciento mientras que para los del rango alto es del 75 por ciento. Así para los países dentro del intervalo 3 y 4, las probabilidades de empeorar su nivel innovación fueron menores en el periodo 2014-2017.

Para este periodo los países que se ubicaban dentro del nivel más bajo, los cuales se mantuvieron, fueron Venezuela, Paraguay y Nicaragua mientras que Perú mejoró. Para el nivel Medio-Bajo solo Ecuador se mantuvo, mientras que Argentina y Guatemala mejoraron. En el tercer intervalo de innovación, Uruguay, Colombia y Brasil se mantuvieron; México mejoró su posición; en cambio Bolivia y Honduras la empeoraron. Por último, en el nivel más alto de innovación de la región se mantuvo Chile, Panamá y Costa Rica mientras que El Salvador empeoró su posición inicial.

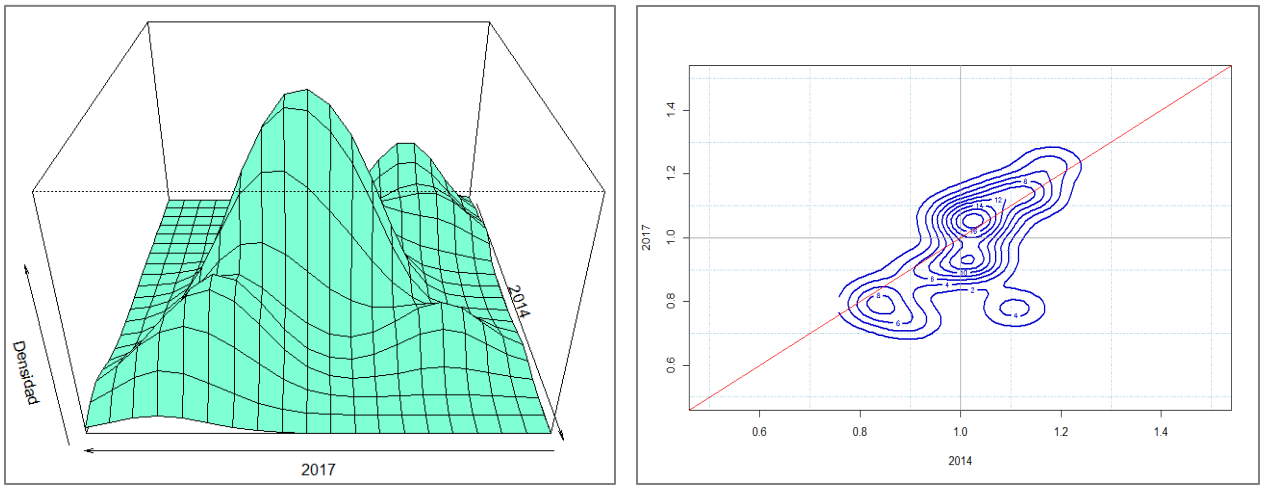
Cuadro 4.10 Matriz de Transición 2014-2017

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
4	Bajo	0.75	0.25	0.00	0
3	Medio-Bajo	0	0.33	0.33	0.33
6	Medio-Alto	0	0.33	0.50	0.17
4	Alto	0.25	0	0.00	0.75

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

Con el propósito de observar dicha transición de forma continua se realizó la misma operación de forma continua mediante las gráficas de densidad Kernel. La Figura 4.5 a) y b) permiten apreciar ciertas aglomeraciones de países en el proceso de transición 2014-2017. Cuando se analizó la matriz de transición para este periodo se comprobó que mientras tres países permanecieron en el rango más bajo de innovación, uno más ingresó procedente del nivel más alto, por lo tanto los cuatro países considerados dentro de este rango fueron: Venezuela, Paraguay, Nicaragua y El Salvador.

Figura 4.5 Función de densidad Kernel, 2014-2017



a) Perspectiva b) Contornos

En el nivel Medio-Bajo de innovación el único país que comenzó y se mantuvo fue Ecuador. Se sumó Perú, quien mejoró su situación de innovación, así como Honduras y Bolivia los cuales ingresaron en este nivel procedentes de un rango más alto de innovación.

Por otro lado, tres países permanecieron en el nivel Medio-Alto, a saber: Uruguay, Colombia y Brasil agregándose a este grupo Guatemala quien mejoró si situación de innovación. Finalmente, para el nivel más alto de innovación en la región los países que durante la transición 2014-2017 permanecieron ahí fueron: Chile, Panamá y Costa Rica, mientras que a este grupo se sumaron México y Argentina al mejorar su condición de innovación.

La matriz de segundo estado de transición se muestra en el Cuadro 4.11. Dicha matriz es una proyección de la distribución de la innovación para el año 2020. Se observa que para los cuatro países que se encuentran en el rango más bajo de innovación existen probabilidades del 56 por ciento de permanecer en dicho nivel, aunque hay probabilidades de trasladarse a un nivel Medio-Bajo del 27 por ciento.

Cuadro 4.11 Matriz de segundo estado de transición, 2014-2017

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
4	Bajo	0.56	0.27	0.08	0.08
3	Medio-Bajo	0.08	0.22	0.28	0.42
6	Medio-Alto	0.04	0.28	0.36	0.32
4	Alto	0.38	0.06	0	0.56

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

Para los tres países que se ubican dentro del segundo rango de innovación, las probabilidades de pasar a un mejor estado en la distribución serían mayores que permanecer en el nivel inicial, incluso podrían pasar al rango más alto de innovación con un 42 por ciento de probabilidad. Los seis países que están dentro del nivel Medio-Alto de innovación, tienen mayores probabilidades de mantenerse que transitar a algún otro estado en la distribución. Finalmente hay cuatro países dentro del rango más alto de innovación con probabilidad del 56 por ciento de permanecer, aunque existe la posibilidad de trasladarse al nivel más bajo con probabilidad del 38 por ciento.

En el vector de estado estacionario presentado en el Cuadro 4.12 se observa que la distribución de innovación se polariza en dos grupos. Al tiempo que los dos niveles de innovación más bajos concentran el 53 por ciento de los países, los dos más altos albergan el 47 por ciento. De esta manera, si la distribución de países de 2014 se mantiene y se considera la variación del 2017, seis países se ubicarían en el nivel más bajo de innovación, tres en el nivel Medio-Bajo, dos estarían posicionados en el nivel Medio-Alto y seis en el nivel Alto después de 33 periodos.

Cuadro 4.12 Probabilidades de estado estacionario 2014-2017

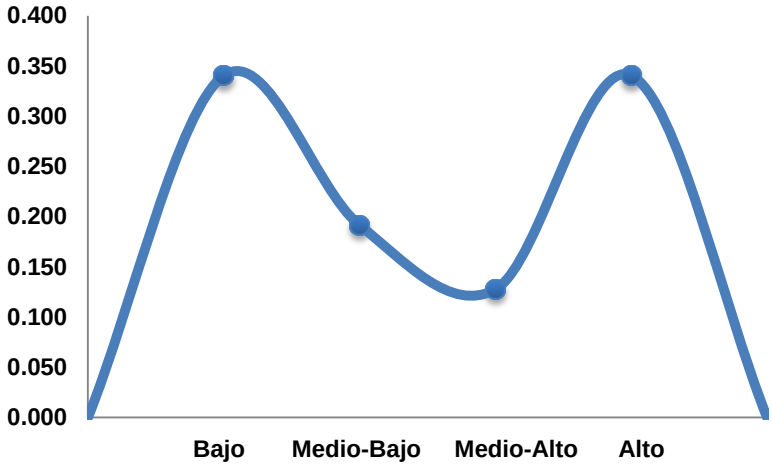
Periodo	Bajo		Medio-Bajo		Medio-Alto		Alto		***Transiciones***
2014-2017	0.34043	***(6)***	0.19149	***(3)***	0.12766	***(2)***	0.34043	***(6)***	33

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

Lo anterior puede constatarse si se considera la Figura 4.6 que muestra una distribución bimodal. Lo anterior indica un cierto grado de polarización en la región

en materia de innovación. Esta situación demuestra lo sustentado por Quah (1996) sobre la formación de clubes de convergencia formados por regiones polarizadas por su nivel de ingreso o al describirlo como la interacción entre regiones ricas y pobres.

Figura 4.6 Distribución del vector de estado estacionario 2014-2017

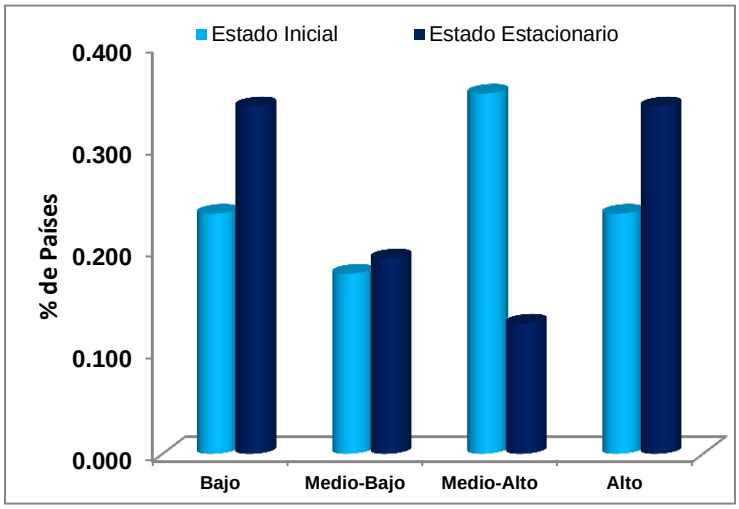


Fuente: Elaboración propia

Así, en este periodo se pudo notar la formación de dos clubes de convergencia. Una concentración en el nivel más bajo de innovación donde convergen seis países y otra en el nivel más alto con el mismo número de países lo cual se demuestra mediante la formación de dos picos (dos modas) en la distribución del vector de largo plazo del periodo 2014-2017. La distribución bimodal brinda los elementos necesarios para rechazar la hipótesis de convergencia de la innovación en la región para el periodo 2014-2017.

Por otro lado, al comparar los vectores del año 2014 (Figura 4.7) sobresale la formación de dos aglomeraciones en los dos extremos de la distribución, es decir, el número de países que ocuparían el rango más bajo de innovación seria exactamente el mismo que se concentrarían en el rango más alto. Lo anterior implica que a diferencia del vector de estado inicial de 2010, en este, el número de países ubicados en el centro de la distribución disminuye al trasladarse hacia los extremos, como resultado aparece la formación de dos “Clubes de convergencia” anteriormente descritos.

Figura 4.7 Proporción de los países según su estado inicial y estado estacionario 2014-2017



Fuente: Elaboración propia

4.5 Dinámica de transición del periodo 2006-2017

Una vez que se examinó la transición de la innovación entre los países de la región por sub-periodos es importante analizar la transición del periodo completo de este estudio, es decir de 2006 al 2017. En el Cuadro 4.13 se presenta la matriz que considera todo el periodo, en esta se observa que los rangos de innovación más bajos (Bajo y Medio-Bajo) presentan las menores probabilidades de mantenerse en su posición inicial. Por ejemplo, en el primer intervalo son del 25 por ciento mientras que las probabilidades de mejorar esta condición son del 75 por ciento.

En el caso del segundo intervalo de innovación las posibilidades de permanecer son del 20 por ciento, mientras que las posibilidades de empeorar son mayores (60 por ciento). Esto indica que los países de la región con los niveles más bajos de innovación se encuentran en una condición más volátil a los cambios en materia de innovación en sus economías, por lo que la posibilidad de permanecer en el nivel inicial es muy baja.

Por otra parte, los rangos de innovación más altos en la región presentan mayores probabilidades de mantenerse en los niveles iniciales (Medio-Alto y Alto).

Para el caso del nivel Medio-Alto, la probabilidad de mantenerse es del 80 por ciento con una posibilidad de mejorar del 20 por ciento. Para el nivel más alto de innovación, la probabilidad de permanencia es del 67 por ciento. Estos resultados indican que los países con niveles más altos de innovación en la región han permanecido en esta posición. Por último, es fundamental comentar que con las matrices de transición se registra la distribución de los países según su probabilidad condicional de estar en determinado nivel de innovación y mantenerse ahí en el siguiente periodo o desplazarse a algún otro estado.

Cuadro 4.13 Matriz de Transición 2006-2017

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
4	Bajo	0.25	0.75	0	0
5	Medio-Bajo	0.60	0.20	0.20	0
5	Medio-Alto	0	0	0.80	0.20
3	Alto	0	0	0.33	0.67

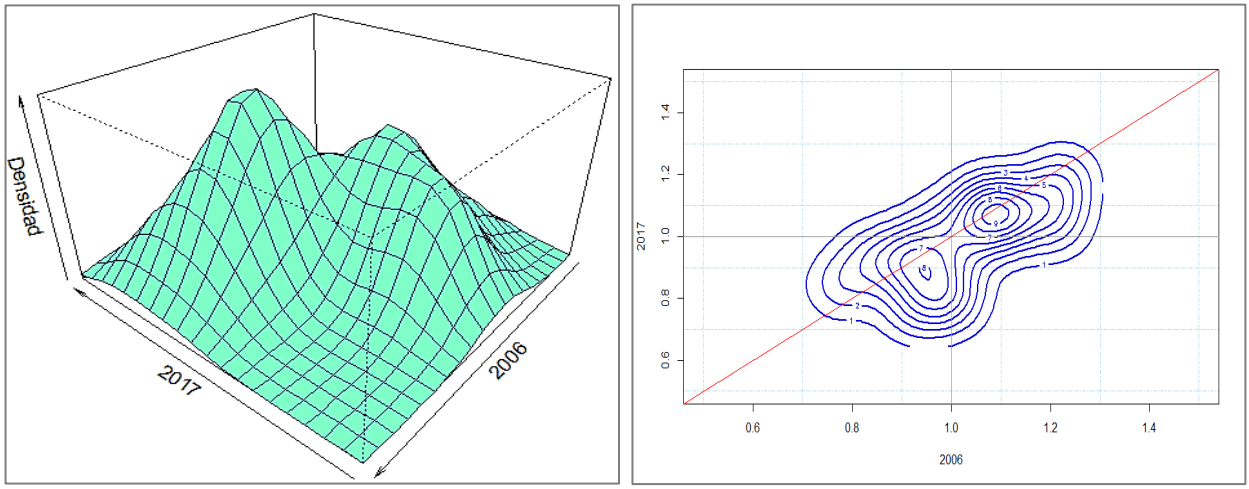
Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

La perspectiva y contornos del periodo 2006-2017 se muestran en la Figura 4.8 a) y b). El proceso de Markov para esta transición sugirió que las probabilidades de permanencia para el nivel más bajo de innovación fueron menores que las de mejorar, así en la transición 2006-2017 el único país que inició y permaneció en ese intervalo fue Paraguay, mientras que Ecuador, Bolivia y Honduras mejoraron su situación de innovación y pasaron al rango inmediatamente superior. Además tres países ingresaron en este intervalo a saber: Nicaragua, Venezuela y El Salvador quienes pasaron del nivel Medio-Bajo al bajo de innovación. Así, para el segundo intervalo las posibilidades fueron contrarias, mientras que las posibilidades de permanecer fueron del 20 por ciento, las de empeorar fueron del 60 por ciento; bajo este contexto, Perú fue el único país que inició ahí y se mantuvo.

Como se observó en las matrices de transición, los rangos más altos de innovación en la región presentaron una alta probabilidad de persistencia en el periodo completo. El nivel Medio-Alto destacó una probabilidad del 80 por ciento,

los países que se mantuvieron en dicho intervalo durante 2006-2017 fueron: Argentina, México, Colombia y Uruguay, mientras que Panamá pasó al nivel más alto. El nivel más alto de innovación, presentó una probabilidad de permanencia del 67 por ciento, en este sentido los países que sobresalen por su buen desempeño en innovación son Chile y Costa Rica.

Figura 4.8 Función de densidad Kernel, 2006-2017



a) Perspectiva b) Contornos

Por otro lado, la matriz de segundo estado de transición para el periodo completo, 2006-2017 (Cuadro 4.14) nos brinda una proyección de lo que sería la dinámica de distribución en 2029. Se destaca que la mayoría de los países se ubican en rangos intermedios de innovación. Se espera con una probabilidad del 51 por ciento que los países que iniciaron en el nivel bajo de innovación permanezcan en él, además, existe un 34 por ciento de probabilidad de transitar al nivel de innovación inmediatamente superior (Medio-Bajo).

Para el segundo intervalo de innovación las probabilidades de permanecer son mayores (49 por ciento) aunque pueden transitar a un nivel más alto con probabilidad del 20 por ciento. Para los niveles más altos de innovación las probabilidades de permanencia son mayores aunque los países que se encuentran en el nivel alto podrían pasar a un rango inmediatamente inferior con una probabilidad del 49 por ciento.

Cuadro 4.14 Matriz de segundo estado de transición, 2006-2017

Núm. Países	*Intervalos*	Bajo	Medio-Bajo	Medio-Alto	Alto
4	Bajo	0.51	0.34	0.15	0
5	Medio-Bajo	0.27	0.49	0.20	0.04
5	Medio-Alto	0	0	0.71	0.29
3	Alto	0	0	0.49	0.51

Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

El vector de probabilidades de largo plazo se muestra en el Cuadro 4.15. De esta manera, si se considera la distribución de países según su nivel de innovación, en el periodo 2006-2017 la estabilización de la distribución se tardaría 107 periodos. Dicha distribución muestra que ya no existe concentración de países en los dos niveles más bajos de innovación, sino que el cien por ciento estará en los dos niveles más altos. Al tiempo que el nivel Medio-Alto abarca al 65 por ciento de los países, el 35 por ciento estarían en el nivel más alto.

Cuadro 4.15. Probabilidades de estado estacionario 2006-2017

Periodo	Bajo		Medio-Bajo		Medio-Alto		Alto		***Transiciones***
2006-2017	0.00000	***(0)***	0.00000	***(0)***	0.62500	***(11)***	0.37500	***(6)***	107

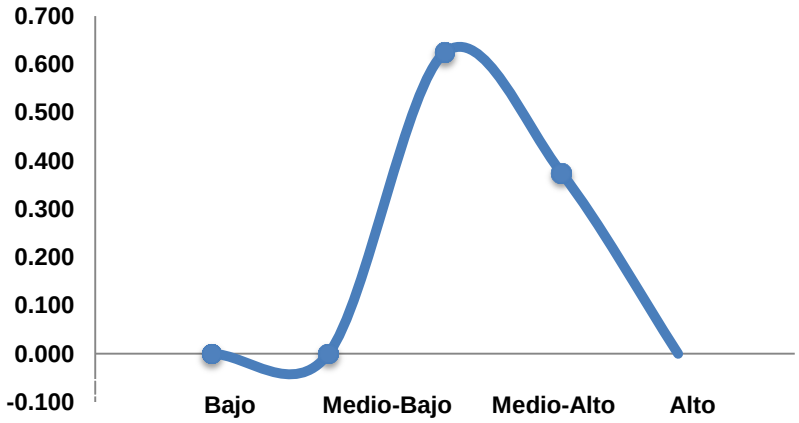
Fuente: elaboración y cálculos propios con información de la base de datos histórica del WEF.

Lo anterior brinda elementos para destacar que los países con un menor nivel de innovación convergerían en el nivel Medio-Alto y aquellos que inicialmente se encontraban en este transitarían hacia el nivel más alto de innovación en la región. De acuerdo con esta estructura, en el largo plazo no existirían países ubicados en los rangos más bajos de innovación.

Por ello es importante subrayar que el comportamiento en los niveles de innovación en los países de la región no es homogéneo. Es decir, hay evidencia de que los países más ricos alcanzarán mayores niveles de innovación, mientras que el resto permanecerá en un nivel intermedio. En otras palabras, en el largo plazo las economías latinoamericanas no alcanzarán a converger a un solo equilibrio estable, sino que se polariza la distribución.

Esta lógica se puede analizarse desde la Figura 4.9. Dado que los dos primeros niveles de innovación ya no agrupan países, el surgimiento de dos modas confirma que la distribución del vector de estado estacionario conlleva una distribución bimodal. La totalidad de los países se concentrarían en los dos niveles más altos de innovación. Por un lado, 11 países se albergarían en el nivel Medio-Alto, mientras que el nivel Alto concentraría seis países.

Figura 4.9 Distribución del vector de estado estacionario 2006-2017

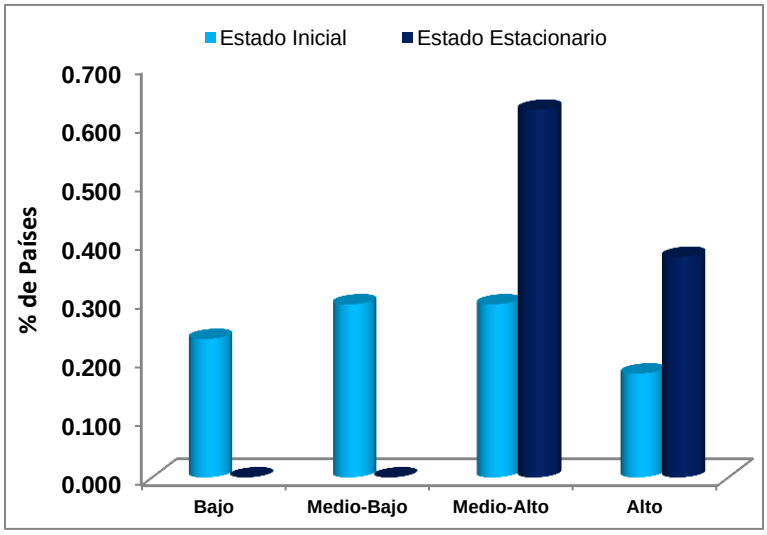


Fuente: Elaboración propia

El análisis puede ampliarse desde la Figura 4.10 que muestra las diferencias en las proporciones de países que se encuentran en cada estado según la distribución inicial y la de largo plazo. Nuevamente se observa que en el largo plazo todos los países de la muestra se concentrarían en los dos niveles más altos de innovación asegurando con ello una distribución bimodal que apunta hacia dos clubes de convergencia, uno en el nivel Medio-Alto y otro en el más Alto de innovación de la región.

Con lo anteriormente mencionado existen pruebas para no rechazar las hipótesis acerca del comportamiento heterogéneo en los esfuerzos de innovación y sobre la formación de grupos similares de innovación en la región durante el periodo 2006-2017.

Figura 4.10 Proporción de los países según su estado inicial y estado estacionario 2006-2017



Fuente: Elaboración propia

4.6 Comentarios finales

El capítulo tuvo como objetivo profundizar en el conocimiento de las disparidades en materia de innovación entre los países de la región de América Latina. Para ello se formularon las siguientes hipótesis: **[1]** a partir del desempeño en materia de innovación en los últimos años la dinámica distribucional de la misma tiene un comportamiento heterogéneo en los países de la región; y **[2]** la dinámica de la innovación permite observar la formación de grupos con características similares de innovación, haciendo más grande la divergencia en el entorno innovativo de los países en los últimos años.

Con el fin de probar las hipótesis anteriores se estudió la dinámica de la distribución a través de Cadenas de Markov. Con la finalidad de también contar con una perspectiva visual se utilizaron las funciones de densidad Kernel mediante la aplicación de gráficas en tres dimensiones. Las gráficas posibilitaron la detección de polarización, o clubes de convergencia, dentro de las unidades económicas de análisis.

Los resultados empíricos más relevantes del análisis permiten concluir que la distribución de la innovación entre los países de América Latina ha variado significativamente. En el periodo 2006-2017 se mostró que el grado de movilidad fue elevado para el grupo de países con niveles de innovación bajos. En particular, los países dentro del nivel más bajo tuvieron mayores probabilidades de mejorar su estado en la distribución, mientras que sucedió lo contrario con el nivel Medio-Bajo. Por otro lado, la probabilidad de permanencia de los países que tienen un alto índice de innovación fue mayor. Para este periodo se calculó el vector de estado estacionario, donde según la distribución inicial se percibe cierta convergencia hacia los niveles Medio-Alto y Alto. En este sentido vale la pena resaltar que existen países que destacaron por su nivel de innovación durante el periodo completo, situación que los llevó a permanecer en el nivel más alto, estos fueron: Chile y Costa Rica.

También se consideró el caso particular de los tres sub-periodos. Se destaca que en 2006 los países que se encontraban en el rango más bajo de innovación se mantuvieron en ese rango hacia el año 2010; mientras que los que se encontraban en el nivel Medio-Bajo pasaron a un nivel menor. Además, los países ubicados dentro de los dos rangos más altos de innovación no presentaron cambio alguno en la transición 2006-2010, situación que se vio reflejada en la diagonal principal de la matriz de transición. Con lo anterior se puede inferir que en este periodo no hubo señal de convergencia en el vector de estado estacionario debido a la forma de la distribución en la transición 2006-2010. Sin embargo existe evidencia para probar la primera hipótesis, es decir, la dinámica distribucional de la innovación presentó un comportamiento heterogéneo al identificase un número similar de países ubicados en los cuatro rangos de innovación.

Cuando se analizó el sub-periodo 2010-2014, pudo constatarse lo contrario a lo ocurrido en el sub-periodo anterior. En este sentido, los países tendieron a la convergencia en innovación. La matriz de transición permite observar que para los dos niveles más bajos de innovación la probabilidad de mejorar fue mayor que las de permanecer en el rango inicial o empeorar. Esta condición se comprobó al

obtener el vector de estado estacionario, el cual presentó evidencia para rechazar la segunda hipótesis planteada en el inicio de este trabajo ya que fue posible encontrar tendencia a la convergencia al observar una distribución unimodal en dicho vector.

Sin embargo, también se constató que en el sub-periodo 2014-2017 no existió un proceso de convergencia entre los países de América Latina. En este periodo en particular se observa cierto grado de polarización al identificarse dos clubes de convergencia. El primero aglomera a seis países en el nivel más bajo de innovación y el segundo al mismo número de unidades en el nivel más alto en la región. Por lo tanto, en este sub-periodo en particular, las hipótesis planteadas inicialmente no pueden ser rechazadas.

Finalmente, es importante tomar en cuenta que las distribuciones obtenidas mediante esta metodología no paramétrica corresponden a los datos históricos que las generan. Por lo tanto no son las únicas que posiblemente puedan existir, y se debe tener cuidado en cuanto a la formulación de ciertas conclusiones. Lo anterior debido a que el análisis puede estar sujeto a ciertos factores subjetivos, pues la formulación de los estados es de tipo discrecional y conlleva la posibilidad de perder información.

Una vez que se ha analizado la distribución de la innovación en la región, es importante abundar más sobre los determinantes del nivel de innovación en estos países, por ello resulta importante la formalización de un modelo econométrico para robustecer esta investigación. El capítulo siguiente está dedicado al análisis de los factores que estimulan el nivel de innovación en la región, por lo que se considera un ejercicio complementario a este capítulo.

Capítulo 5.

Factores que estimulan la actividad de innovación en los países de América Latina: 2006-2017

Introducción

En este capítulo se realiza la segunda metodología propuesta en esta investigación mediante la estimación del Modelo de Corrección del Error Vectorial (VECM). Este método recoge la relación de equilibrio de las variables a través de un panel de datos compuesto por 17 secciones de corte transversal correspondientes a los países de América Latina que fueron seleccionados principalmente por los siguientes aspectos: [1] la disponibilidad de información que se obtuvo de la Base de Datos Histórica del Foro Económico Mundial; [2] por la consideración de los resultados del capítulo anterior en donde se observó que aunque los niveles de innovación son bajos en la región, las economías

estudiadas en la muestra han enfocado esfuerzos en la materia transitando incluso a mejores estados en la distribución en el periodo considerado; y [3] y el aspecto geográfico. Solamente se tomó en cuenta a los países que se encuentran sobre territorio continental, por lo tanto, los países insulares (los que se limitan a una isla) quedan fuera de este estudio, además de no contar con información para este grupo de países.

Un aspecto importante de este capítulo es que la variable dependiente utilizada en el modelo es la innovación misma que se utilizó en el capítulo cuatro para evaluar la dinámica de transición entre los países a través de los procesos Markovianos. Las variables explicativas son: la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la educación superior y capacitación, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual; todas obtenidas de la Base de Datos Histórica del Foro Económico Mundial. Estas variables fueron seleccionadas con base en la teoría endógena del crecimiento, así como en la revisión empírica de los trabajos especializados en abonar al campo específico de los determinantes de la innovación tecnológica que se detallan en el capítulo dos.

Como se destacó en el capítulo dos los trabajos que abordan los determinantes de la innovación para la región no son abundantes ya que se han encontrado aplicaciones que sólo consideran un pequeño grupo de países. Particularmente destacan trabajos que estudian el caso de economías que están asociadas en un acuerdo o tratado comercial, también se encuentran aplicaciones empíricas que han examinado individualmente a ciertos países, por lo que es difícil encontrar un análisis empírico para la muestra que aquí se contempla. Por lo anterior, una contribución adicional a la elección de las variables enfocadas al entorno macroeconómico y sistema de propiedad intelectual es considerar una muestra más completa que implica escudriñar en los determinantes de la innovación tecnológica para 17 economías de América Latina.

De esta forma, la finalidad que conducirá el análisis de este capítulo es el estudio de los determinantes de la innovación en los países de América Latina

durante el periodo 2006-2017. Con este propósito se examina la tercera hipótesis formulada en la presente investigación la cual considera que: ***En los países de América Latina, la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual tienen una relación de equilibrio de largo plazo y por lo tanto inciden positiva y significativamente en el nivel de innovación de la región.***

No obstante, como se ha señalado una parte fundamental de los bajos niveles de innovación es la baja formación en educación superior y la escases de universidades que promuevan una educación de calidad. Además se examinaba que en las actividades productivas de la región existe un escaso volumen de tecnología.

Por tanto, si consideramos que la I+D desempeña un papel central en los sectores de alta tecnología, mientras la adopción del conocimiento y tecnología podría traer mejores beneficios en los sectores con bajo contenido tecnológico y además tenemos en cuenta la importancia del nivel educativo para fomentar las actividad de innovación entonces se esperarían impactos diferenciados en las variables explicativas para la región destacando el efecto de la variable formación en educación superior y absorción de tecnología a nivel empresa. De esta manera se plantea la hipótesis: ***[3a] En los países de América Latina el impacto en la innovación de un aumento en la formación en educación superior y la absorción de tecnología es superior al efecto que presentan el resto de las variables.***

5.1 Análisis descriptivo de las variables

Con el objetivo de brindar una primera aproximación sobre la relación que guardan las variables, se llevaron a cabo las estadísticas básicas y la construcción de la matriz de correlaciones parciales que aunque la relación observada no implica causalidad resulta promisoria para efectos del análisis vinculatorio de la innovación y sus determinantes. Lo anterior se llevó a cabo en el programa econométrico Eviews Versión 9. La información se muestra a detalle en el Cuadro 5.1.

En primera instancia se destaca la asimetría de las series. Este indicador es el coeficiente de asimetría de Fisher que permite establecer la heterogeneidad que presenta la distribución sin necesidad de una gráfica. La simetría es una expresión que toma el valor cero en el caso de una distribución perfectamente simétrica (con igual densidad de frecuencias a izquierda y derecha de la media), en tanto que valores positivos indican una distribución de asimetría que se alarga a la derecha respecto a la normal, mientras que valores negativos conlleva una distribución asimétrica a la izquierda.

Es importante puntualizar que en el caso de las variables contempladas en este estudio los valores de asimetría se encuentran muy cerca del cero lo cual estaría indicando que las serias presentan más o menos la misma igualdad de frecuencias hacia ambos lados de la media, en otras palabras podemos destacar que las series aquí presentadas tienen un valor muy fuerte de simetría. Este indicador también nos informa sobre la variabilidad de los datos, la cual es muy escasa para el conjunto de datos aquí presentados. Por lo anterior, una de las razones por las que se optó por valorar un VECM es debido a las ventajas que tiene para tratar con series de este tipo.

Un análisis básico a considerar es la observación de los valores medios de las variables. Si tenemos en cuenta que la calificación del Foro Económico Mundial se basa en una escala que va del 1 al 7 para indicar el alto o bajo grado de intensidad en diversos indicadores, los resultados aquí presentados nos muestran el bajo

desempeño de los países de América Latina y la falta de progreso de la región para cerrar las brechas con los grandes líderes mundiales los cuales rebasan por mucho los mismos indicadores aquí presentados en la misma escala de calificación.

Cuadro 5.1. Estadísticas descriptivas de la base de datos.

	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de Innovación	Educación Superior	Absorción de Tecnología	Protección P. Intelectual
Media	2.983	4.320	2.963	3.258	3.939	4.466	3.218
Valor Máximo	3.776	6.101	3.970	4.527	5.254	5.606	4.847
Valor Mínimo	2.063	2.748	2.092	2.179	2.781	3.040	1.629
Std. Dev.	0.405	0.766	0.415	0.584	0.564	0.532	0.733
Asimetría	-0.143	0.284	0.281	0.212	0.137	-0.121	-0.050
Curtósis	2.181	2.431	2.698	2.117	2.345	2.604	2.440
Correlaciones parciales							
Innovación	**1.000**						
Apertura	0.398	**1.000**					
Gasto I+D	0.900	0.304	**1.000**				
Capacidad de Innovación	0.716	0.304	0.668	**1.000**			
Educación Superior	0.707	0.514	0.501	0.512	**1.000**		
Absorción de Tecnología	0.744	0.312	0.701	0.409	0.448	**1.000**	
Protección P. Intelectual	0.759	0.087	0.610	0.671	0.477	0.553	**1.000**

Fuente: Elaboración propia en Eviews.

Otro aspecto relevante previo al modelo econométrico es destacar la información de la matriz de correlaciones. Observemos que de todas las variables explicativas el gasto en I+D y la protección a la propiedad intelectual tienen las medias más bajas y a su vez una correlación más fuerte con la innovación. Esto nos lleva a considerar que en América Latina estos rubros (que propician las condiciones adecuadas para elevar los niveles de innovación) no han sido lo suficientemente atendidos en la formulación de políticas, por lo tanto, se espera que los resultados de este capítulo permitan la identificación de prioridades mediante la colaboración público-privada.

De este modo, un acercamiento sobre la relación de la innovación y sus determinantes puede distinguirse en el Cuadro 5.1. Nótese que todas las variables explicativas se correlacionan positivamente con la innovación, siendo como

anteriormente se mencionó, el gasto en I+D la de mayor importancia al tener un valor de 0.900, a ésta le sigue la protección a la propiedad intelectual la absorción de tecnología a nivel empresa y la capacidad de innovación con 0.759, 0.744 y 0.716 respectivamente. La formación en educación superior tiene un coeficiente de correlación de 0.707 y finalmente la apertura comercial se correlaciona con 0.398.

Si bien, hasta el momento no se han establecido claramente cuáles son los determinantes o los factores específicos que establecen los incentivos para que los países innoven, la relación positiva de estas variables con la innovación ha sido ya abordada en algunas aplicaciones empíricas sobre esta esta materia (Schneider, 2005; Conte y Vivarelli, 2006; Santander y Álvarez, 2008; Crespi y Zúñiga, 2012 y Guzmán et al. 2016), por lo que en este trabajo se espera que un incremento en las variables explicativas antes mencionadas propicie las condiciones necesarias para tener mayores niveles de innovación.

5.2 Pruebas de raíz unitaria

Dado que el problema de raíz unitaria es una característica de las series que evolucionan en el tiempo y puede causar sesgos al realizar inferencia estadística, en este apartado se consideró estimar las pruebas de raíz unitaria con la finalidad de encontrar información sobre la estacionariedad de las series involucradas en el modelo. Para ello se utilizaron los métodos de Levin, Lin y Chu; Im, Pesaran y Shin y la Fisher-ADF (solo se consideraron estas pruebas porque las demás llegan a resultados similares y no aportan información adicional).

Es importante realizar las pruebas antes de la construcción del modelo para conocer las propiedades dinámicas de las variables y bajo el entendido que las pruebas de raíz unitaria basadas en datos de panel tienen una potencia mayor que de las raíces basadas en series de tiempo individual.

Bajo este contexto, las pruebas consideran como hipótesis nula que la serie contiene una raíz unitaria (no es estacionaria) mientras que la alternativa se basa en que la serie es estacionaria. El criterio de decisión se sustenta en analizar el

valor de la probabilidad; cuando es mayor al 95% de confianza (mayor a 0.05) se advierte que la serie tiene al menos una raíz unitaria, de lo contrario la serie es estacionaria (p-valor menor al 0.05). Las pruebas se realizaron en niveles valorando tres tipos de ecuaciones: las variables están definidas solo con intercepto, en el proceso hay tanto intercepto como tendencia y las variables estén descritas como procesos sin intercepto ni tendencia. Los resultados de las pruebas se muestran en los Cuadros 5.2, 5.3 y 5.4.

La información de las pruebas considerando que el proceso generador de datos solo cuenta con intercepto se encuentra en el Cuadro 5.2. Se observa que solo la apertura comercial y el gasto en I+D muestran probabilidades que implican rechazar la hipótesis nula y por lo tanto no tienen una raíz unitaria, es decir, son estacionarias. Mientras que el resto de las variables (innovación, capacidad de innovación, formación en educación superior, absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual) son no estacionarias dado que su valor de probabilidad no permite rechazar la hipótesis nula de que al menos contienen una raíz unitaria.

Cuadro 5.2. Raíces unitarias de panel solo con intercepto (en niveles).

Método / Variables	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de innovación	F. Educación Superior	Absorción de tecnología	Protección PI
Levin, Lin & Chu t*	-2.900	-17.046	-7.714	-0.373	-3.214	-3.167	1.248
	(0.002)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.355)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.894)**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-1.084	-9.703	-3.409	1.861	0.123	-1.270	1.837
	(0.139)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.969)**	**(0.549)**	**(0.102)**	**(0.967)**
ADF - Fisher Chi-square	43.653	146.644	65.309	18.02	29.080	41.106	17.186
	(0.124)	**(0.000)**	**(0.001)**	**(0.988)**	**(0.708)**	**(0.187)**	**(0.993)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Resultados similares se aprecian en el Cuadro 5.3 que considera que en el proceso hay tanto intercepto como tendencia, no obstante a diferencia de las pruebas anteriores para la innovación se muestran resultados contrarios, es decir, es estacionaria. Para la última opción del proceso generador de datos las pruebas indican que no se rechaza la hipótesis nula para ninguna de las series tal y como se puede observar desde los resultados presentados en el Cuadro 5.4.

Cuadro 5.3. Raíces unitarias de panel con intercepto y tendencia (en niveles).

Método / Variables	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de innovación	F. Educación Superior	Absorción de tecnología	Protección PI
Levin, Lin & Chu t*	-6.521	-24.679	-6.628	-7.710	-3.474	-6.123	-7.220
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.713	-10.046	-2.459	-1.473	-0.462	-0.346	-0.802
	(0.003)	**(0.000)**	**(0.007)**	**(0.070)**	**(0.322)**	**(0.364)**	**(0.211)**
ADF - Fisher Chi-square	60.105	139.024	57.913	47.448	39.309	42.589	40.941
	(0.003)	**(0.000)**	**(0.006)**	**(0.063)**	**(0.244)**	**(0.148)**	**(0.192)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.4. Raíces unitarias de panel sin intercepto ni tendencia (en niveles).

Método / Variables	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de innovación	F. Educación Superior	Absorción de tecnología	Protección PI
Levin, Lin & Chu t*	1.652	2.774	-1.558	2.825	5.118	-0.865	2.610
	(0.950)	**(0.997)**	**(0.059)**	**(0.997)**	**(1.000)**	**(0.193)**	**(0.995)**
ADF - Fisher Chi-square	11.938	6.276	26.331	6.599	4.219	22.672	7.813
	(0.999)	**(1.000)**	**(0.823)**	**(1.000)**	**(1.000)**	**(0.930)**	**(1.000)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificadas las series que son no estacionarias (tienen una raíz unitaria) se aplicaron las pruebas con primeras diferencias. Con esta transformación los resultados rechazan la hipótesis nula de no estacionariedad, esto se puede observar en los cuadros 5.5, 5.6 y 5.7.

Si la serie es diferenciada una vez y se convierte en estacionaria se puede decir que la serie es integrada de orden uno y se representa como I(1). De la misma manera si la serie original que en niveles resultó ser no estacionaria es diferenciada dos veces para lograr la estacionariedad se dice que es integrada de orden dos y se representa como I(2) y así sucesivamente hasta lograr la estacionariedad. Esta aclaración es muy importante dado que para que los resultados del VECM sean válidos, es necesario que las variables tengan el mismo orden de integración. En el caso de las variables utilizadas en el trabajo se define que son integradas de orden uno I(1) y por lo tanto se puede proceder a la construcción del VECM.

Cuadro 5.5. Raíces unitarias de panel solo con intercepto (en primeras diferencias).

Método / Variables	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de innovación	F. Educación Superior	Absorción de tecnología	Protección PI
Levin, Lin & Chu t*	-8.899	-15.058	-8.261	-5.661	-5.487	-7.618	-7.353
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.718	-6.635	-4.759	-2.364	-3.555	-3.153	-3.258
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.009)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**
ADF - Fisher Chi-square	99.798	111.642	87.106	54.1463	70.492	65.427	66.917
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.015)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.6. Raíces unitarias de panel con intercepto y tendencia (en primeras diferencias).

Método / Variables	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de innovación	F. Educación Superior	Absorción de tecnología	Protección PI
Levin, Lin & Chu t*	-8.455	-11.036	-7.416	-4.465	-5.416	-10.135	-6.282
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.691	-2.190	-1.679	-0.026	-1.108	-2.016	-1.425
	(0.003)	**(0.014)**	**(0.046)**	**(0.489)**	**(0.133)**	**(0.021)**	**(0.007)**
ADF - Fisher Chi-square	79.308	68.887	60.320	38.6116	59.558	67.507	59.558
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.003)**	**(0.000)**	**(0.004)**	**(0.000)**	**(0.004)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.7. Raíces unitarias de panel sin intercepto ni tendencia (en primeras diferencias).

Método / Variables	Innovación	Apertura	Gasto I+D	Capacidad de innovación	F. Educación Superior	Absorción de tecnología	Protección PI
Levin, Lin & Chu t*	-11.616	-15.869	-12.294	-7.060	-7.706	-10.142	-8.265
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**
ADF - Fisher Chi-square	158.716	195.173	154.352	91.299	101.650	126.009	109.714
	(0.000)	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**	**(0.000)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que en primeras diferencias las series resultaron ser estacionarias, se procederá a realizar las pruebas de Engle-Granger para determinar si existe alguna relación de cointegración entre las variables explicativas así como las pruebas de Johansen para detectar el número de ecuaciones cointegrantes en el modelo.

5.3 Prueba de Cointegración de Engle- Granger.

Para efectos de este capítulo, la prueba de cointegración de Engle-Granger se realiza con la finalidad de obtener los residuos de una regresión de mínimos cuadrados ordinarios y observar si son estacionarios. Este método asume a priori que existe un sólo vector de cointegración en el modelo, además de que el resultado de este método puede variar dependiendo de cuál variable se seleccione como dependiente. El método Engle-Granger se realiza mediante tres etapas. El primer paso es estimar el modelo de largo plazo por mínimos cuadrados ordinarios como se muestra a continuación:

$$INNO = \beta_0 + \beta_1 APER + \beta_2 GASTOID + \beta_3 CAPINNO + \beta_4 EDUSUP + \beta_5 ABSTEC + \beta_6 PROPINTEL + \varepsilon_t \quad (5.1)$$

El segundo paso consiste en estimar los residuales que resultan del modelo anterior y aplicarles las pruebas formales de raíz unitaria, en caso de que sean estacionarios en niveles, las series están cointegradas, es decir tienen una relación de equilibrio de largo plazo.

Como se muestra en la ecuación (5.1) la prueba de Engle-Granger implica elegir a priori la variable dependiente por lo que los resultados nos muestran la posible relación que las variables explicativas podrían desempeñar sobre el índice de innovación. Lo anterior se previene porque si al hacer las pruebas de raíz unitaria para los residuos resulta que estos son no estacionarios entonces las series no estarían cointegradas y por lo tanto se presentaría una regresión espuria.

Los resultados de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios se presentan en el Cuadro 5.8 y muestran una relación de largo plazo positiva y significativa al 99 por ciento de confianza entre la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de

tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual, por lo tanto, se esperaría que un aumento en estas variables repercutiera positivamente en el índice de innovación en los países de la región. En esta regresión se observa un valor muy alto en la R^2, no obstante la estimación se realiza con el solo propósito de obtener la serie residual. Más adelante se estima la relación de largo plazo entre estas variables mediante el modelo de corrección del error.

Cuadro 5.8. Modelo de Largo Plazo de Engle-Granger.

Indep / Dep	**INNO**	t-Estadística
APERTURA	0.068	3.413 **(0.000)**
GASTOID	0.396	14.411 **(0.000)**
CAPINNO	0.158	6.937 **(0.000)**
EDUSUP	0.111	3.989 **(0.000)**
ABSTEC	0.146	4.982 **(0.000)**
PROPINTEL	0.108	5.195 **(0.000)**
CONS	-0.569	-2.884 **(0.004)**
	R^2	0.98
	R^2 Ajustada	0.97
	DW	1.85
	Estadistico F	1271.90
	Prob	**(0.000)**

Fuente: Elaboración propia con base en el Foro Económico Mundial.

Como ya se mencionó la segunda etapa de la prueba de Engle Granger implica aplicar la prueba de raíces unitarias a los residuales que resultan del modelo 5.1; si la serie es estacionaria en sus niveles, entonces hay cointegración, es decir, las variables tienen una relación de largo plazo. La hipótesis nula consiste en que la serie residual contiene una raíz unitaria por lo tanto, si se rechaza, hay evidencia para argumentar que la serie de los residuos es estacionaria. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.9.

Cuadro 5.9. Pruebas de raíces unitarias para los residuales del MCO.

Método	Residuos del modelo
Levin, Lin & Chu t*	-10.246 **(0.000)**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.523 **(0.000)**
ADF - Fisher Chi-square	96.021 **(0.000)**
Phillips-Perron test	117.596 **(0.000)**

Nota: Entre paréntesis se presentan las probabilidades (P-value).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el diagnóstico se muestra que los residuos son estacionarios, lo que implica que las series consideradas en el modelo están cointegradas. Cabe destacar que al realizar las pruebas de raíz unitaria de los residuos es irrelevante elegir si la ecuación del proceso generador de datos tiene solo intercepto, intercepto y tendencia o ninguno de los anteriores. Es decir, en la prueba de raíz unitaria para los residuos el criterio de que tengan tendencia es irrelevante porque la elección de los tres tipos de ecuación son asintóticamente correctos por lo que el resultado del contraste es igual de válido eligiendo cualquiera de las tres opciones. Por tal razón, solo se realizaron las pruebas con intercepto dado que las dos restantes no proporcionan información adicional.

5.4 Estimación e inferencia sobre vectores cointegrantes de panel.

En esta sección se realizan las pruebas de cointegración bivariada de las variables contempladas en el modelo. La mecánica consiste en estimar las pruebas entre cada par de variables con el fin de determinar si existe o no cointegración entre las mismas. Para este análisis se tomaron en cuenta los diferentes estadísticos de prueba (v, rho, PP y ADF) para obtener información con mayor precisión.

No obstante German-Soto (2017) argumenta que en algunas aplicaciones económicas las relaciones entre variables pueden estar inmersas en contextos multivariados, por lo tanto, la hipótesis de la cointegración debe investigarse para un conjunto de variables y no necesariamente desde una visión bivariada. En

consecuencia se llevó a cabo el análisis de cointegración multivariado que consiste en determinar si la variable dependiente y las explicativas tienen una relación de cointegración. Para este análisis se utilizó la prueba de cointegración de Kao la cual permitió el rechazo de la hipótesis nula de no cointegración, por lo que en el análisis multivariado se argumenta que existe una relación de cointegración de largo plazo entre las variables.

El Cuadro 5.10 presenta los resultados con los distintos enfoques metodológicos para la cointegración de panel bivariada. Es importante hacer mención que dado que no se sabe a ciencia cierta cuál es la función determinista de las variables se optó por estimar las pruebas de cointegración bajo los tres supuestos distintos del proceso generador de datos: (1) sin constante ni tendencia, (2) solamente constante y (3) constante y tendencia.

A pesar de que los diferentes estadísticos de prueba no llegan a un consenso sobre las conclusiones de cointegración entre las diferentes relaciones bivariadas se destacan las siguientes conclusiones: [1] la hipótesis nula de no cointegración es ampliamente rechazada en las relaciones bivariadas entre la innovación y cada una de las variables explicativas, por lo tanto se puede decir que entre la variable dependiente propuesta en este modelo y sus respectivas variables independientes existe una cointegración de largo plazo; [2] la prueba de la relación bivariada entre la apertura comercial y el resto de las variables explicativas también rechaza la hipótesis nula de no cointegración y [3] la prueba de la relación bivariada con la variable Gasto en I+D y las demás variables es ambigua por lo que no se puede deducir de manera certera esta relación de largo plazo, además en el resto de las variables las pruebas no logran rechazar la hipótesis nula de no cointegración (razón por la que no se agregaron en el cuadro 5.9). Los resultados son consistentes en los tres tipos de ecuación anteriormente descritos.

Obsérvese que en todas las pruebas de relación bivariada entre las variables los estadísticos v y rho tienden a no rechazar la hipótesis nula de no cointegración mientras que las pruebas PP y ADF la rechazan. Sobre esto, Pedroni (2004) argumenta que los primeros dos estadísticos tienden a subestimar la cointegración

cuando el número de periodos temporales incluidos en la muestra es pequeño, mientras que los estadísticos PP y ADF la sobrestiman.

Cuadro 5.10 Pruebas de cointegración a relaciones bivariadas

Relación de variables		Sin constante ni tendencia		Solo constante		Constante y tendencia	
	Prueba	Coeficiente	P-Valor	Coeficiente	P-Valor	Coeficiente	P-Valor
Innovación y apertura comercial	*v*	-1.86	0.9691	-0.63	0.7383	-2.43	0.9926
	rho	-2.21	0.0135	0.36	0.6415	2.22	0.9870
	PP	-4.90***	0.0000	-0.79	0.2141	-1.74**	0.0403
	ADF	-6.87***	0.0000	-4.03***	0.0000	-5.17***	0.0000
Innovación y gasto en I+D	*v*	-1.46	0.9285	-1.00	0.8437	-2.78	0.9974
	rho	-1.32	0.0918	0.04	0.5189	2.17	0.9850
	PP	-2.24**	0.0124	-1.24	0.1058	-2.55***	0.0054
	ADF	-3.47***	0.0003	-3.75***	0.0001	-8.07***	0.0000
Innovación y capacidad de innovación	*v*	-2.83	0.9977	0.31	0.3764	-1.12	0.8701
	rho	0.31	0.6233	-0.05	0.4779	1.92	0.9728
	PP	0.25	0.5995	-2.00**	0.0223	-1.45*	0.0727
	ADF	-3.83***	0.0001	-4.07***	0.0000	-5.57***	0.0000
Innovación y formación en educación superior	*v*	-1.67	0.9531	1.06	0.1437	-1.45	0.9268
	rho	-0.51	0.3034	-0.81	0.2067	0.84	0.8009
	PP	-1.83**	0.0330	-2.78***	0.0027	-3.47***	0.0003
	ADF	-1.86**	0.0314	-4.36***	0.0000	-4.67***	0.0000
Innovación y absorción de tecnología a nivel empresa	*v*	-1.25	0.8955	-0.99	0.8400	-3.64	0.9999
	rho	-2.55***	0.0053	0.15	0.5598	2.62	0.9957
	PP	-3.18***	0.0007	-1.40*	0.0794	-2.2**	0.0114
	ADF	-4.78***	0.0000	-5.59***	0.0000	-9.27***	0.0000
Innovación y protección a la propiedad intelectual	*v*	-2.89	0.9981	-0.95	0.8292	-3.57	0.9998
	rho	0.73	0.7691	-0.86	0.1924	1.52	0.9360
	PP	0.96	0.8317	-2.95***	0.0016	-3.10***	0.0009
	ADF	-1.06	0.1434	-5.54***	0.0000	-7.06***	0.0000
Apertura comercial y gasto en I+D	*v*	-1.13	0.8711	0.07	0.4717	-0.43	0.6700
	rho	-1.52*	0.0635	0.33	0.6320	2.67	0.9963
	PP	-2.60***	0.0046	-2.81***	0.0024	-1.41*	0.0789
	ADF	-4.86***	0.0000	-6.04***	0.0000	-8.90***	0.0000
Apertura comercial y formación en educación superior	*v*	0.78	0.2168	0.71	0.2381	-0.42	0.6657
	rho	-3.03***	0.0012	-0.18	0.4256	2.74	0.9970
	PP	-4.27***	0.0000	-4.18***	0.0000	-1.25	0.1047
	ADF	-5.15***	0.0000	-9.69***	0.0000	-9.96***	0.0000
Apertura comercial y absorción de tecnología a nivel empresa	*v*	1.13	0.1276	-0.18	0.5751	-0.17	0.5687
	rho	-0.82	0.2047	0.30	0.6193	2.37	0.9913
	PP	-1.48*	0.0687	-1.60**	0.0540	-2.63***	0.0042
	ADF	-2.61***	0.0044	-4.34***	0.0000	-9.72***	0.0000
Apertura comercial y protección a la propiedad intelectual	*v*	-2.31	0.9898	-0.75	0.7754	-0.02	0.5090
	rho	-1.06	0.1428	0.46	0.6793	2.93	0.9983
	PP	-1.09	0.1375	-3.78***	0.0001	-2.26**	0.0119
	ADF	-3.35***	0.0004	-9.09***	0.0000	-8.78***	0.0000
Gasto en I+D y formación en educación superior	*v*	-1.54	0.9388	-0.00	0.5016	-2.65	0.9960
	rho	-0.20	0.4169	-0.03	0.4877	1.80	0.9648
	PP	-1.35*	0.0880	-1.66**	0.0478	-2.02**	0.0215
	ADF	-3.38***	0.0004	-3.73***	0.0001	-5.28***	0.0000
Gasto en I+D y absroción de tecnología a nnivel empresa	*v*	0.42	0.3341	-0.88	0.8127	-3.44	0.9997
	rho	-2.25**	0.0122	0.32	0.6261	2.76	0.9972
	PP	-3.07***	0.0010	-0.76	0.2218	-0.31	0.3746
	ADF	-5.53***	0.0000	-3.53***	0.0002	-5.71***	0.0000
Gasto en I+D y protección a la propiedad intelectual	*v*	-2.09	0.9821	-0.65	0.7454	-3.13	0.9991
	rho	0.31	0.6242	0.52	0.7016	2.49	0.9936
	PP	0.51	0.6980	-1.30*	0.0960	-0.39	0.3471
	ADF	-1.48	0.0689	-5.99***	0.0000	-5.93***	0.0000

Nota: ***, ** y * indican rechazo de la hipótesis nula al 1% al 5% y 10%, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Sobre lo anterior, Germán-Soto (2017) agrega que cuando el periodo temporal es corto es probable que los contrastes menos estrictos tiendan al rechazo, mientras que los más exigentes lleven al resultado contrario. Sobre esto, es útil recordar que el periodo que comprende esta investigación es relativamente corto (2006-2017), por lo tanto, el factor temporal podría ser un elemento que implicaría que no se llegue a un consenso en las cuatro pruebas de cointegración utilizadas; no obstante la mismas han demostrado que por lo menos una parte de las variables del panel exhiben un desempeño que es consistente con la hipótesis de la cointegración.

5.5 Procedimiento de Cointegración de Johansen.

Como se explicó en el capítulo metodológico, se establecía que las pruebas de cointegración de Engle-Granger suponían un solo vector de cointegración, sin embargo entre las variables consideradas en el modelo podría haber más de un vector cointegrante. Con esta finalidad se realizó la prueba de cointegración de Johansen que consiste en determinar el número de vectores de cointegración (en términos económicos el número de relaciones de equilibrio de largo plazo). En este apartado se muestran los resultados considerando el estadístico de la prueba de traza.

Los resultados presentados en el Cuadro 5.11 permiten argumentar que para la prueba traza con los cuatro rezagos contemplados la primera hipótesis nula de que no existe ninguna ecuación cointegrante se rechaza con un nivel de confiabilidad del 95 y 99%. Esto implica que se realice la prueba con la segunda hipótesis nula que sostiene que existe máximo un vector de cointegración, de la misma forma el resultado de esta prueba indica un rechazo de la hipótesis nula para los 4 rezagos a 90, 95 y 99% de confiabilidad.

Por lo anterior, es necesario pasar a la formalización de la tercera hipótesis nula que argumenta que existen máximo dos vectores de cointegración, en esta ocasión los valores de la prueba traza y el respectivo p-valor no logran rechazar la hipótesis nula, por lo tanto para el modelo de corrección de error vectorial se espera contar máximo con dos ecuaciones cointegrantes. Esto es, dos relaciones

de equilibrio de largo plazo. En la metodología se explicó que cuando existían k variables endógenas podría haber como máximo k-1 relaciones cointegrantes.

Cuadro 5.11. Pruebas de cointegración de Johansen

Relaciones cointegrantes	(1 rezago)		(2 rezago)		(3 rezago)		(4 rezago)	
	Prueba Traza	P-Valor	Prueba Traza	P-Valor	Prueba Traza	P-Valor	Prueba Traza	P-Valor
Ninguna	52.84***	**0.0000**	34.66*	**0.0127**	39.06***	**0.0032**	32.83**	**0.0216**
A lo más 1	22.10***	**0.0044**	15.56**	**0.0488**	17.05**	**0.0289**	14.10*	**0.0800**
A lo más 2	2.73	**0.0982**	1.88	**0.1693**	1.35	**0.2448**	0.98	**0.3210**

Nota: ***, ** y * indican rechazo de la hipótesis nula al 1% al 5% y 10%, respectivamente

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Estimación del Modelo de Corrección del Error

Para investigar la relación de largo plazo entre el índice de innovación y las variables explicativas se define un panel de datos conformado por 17 países de América Latina y siete variables que una vez que se analizó la matriz de correlaciones se sabe que están muy relacionadas: el índice de innovación (variable dependiente), la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual (variables explicativas). Desde una perspectiva teórica las economías con mejores posiciones en estos rubros tienden a mayores niveles de innovación dado que estas variables influyen como factores potenciales.

En la parte metodológica de esta investigación (Capitulo 3) se ha señalado que cuando existe una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables (cointegración) también puede existir una razón de desequilibrios en el corto plazo, cuando esto sucede es elemental tratar con un modelo de corrección del error vectorial (VECM) porque tiene la ventaja de relacionar el comportamiento de una variable en el corto y largo plazo. También se apuntó que el VECM estima un modelo de tasas de cambio, incluyendo un término de corrección de errores para forzar a que las tasas de cambio de las variables respondan a las desviaciones respecto a las condiciones de equilibrio de largo plazo que se desean imponer.

La primera parte en la elaboración del VECM consiste en distinguir las variables endógenas y exógenas del modelo, es decir, separar aquellas variables que provocan causalidad. Una casualidad, o relación causal entre dos variables, significa que una de ellas existe si la ocurrencia de la primera causa la otra. No obstante, es importante no confundir causalidad y correlación ya que la última no implica la primera. Las pruebas estadísticas pueden detectar la correlación entre distintas variables, sin embargo no pueden establecer la causalidad entre ellas. En palabras simples, no se puede inferir causalidad sobre la base de una correlación empírica, sino que se debe siempre ir más allá de las manipulaciones matemáticas y buscar una explicación o teoría aceptable que conecte convincentemente las variables involucradas.

La estrategia que conduce a estimar un VECM toma la siguiente forma empírica:

$$\Delta INNO = \beta_0 + \beta_1 \Delta APER + \beta_2 \Delta GASTOID + \beta_3 \Delta CAPINNO + \beta_4 \Delta EDUSUP + \beta_5 \Delta ABSTEC + \beta_6 \Delta PROPINTEL + \varepsilon_t \quad (3)$$

Dónde:

Δ es el operador de primeras diferencias, INNO es el índice de innovación por país, APER es la variable indicadora del grado de apertura comercial, GASTOID indica el nivel de gasto en investigación y desarrollo de los países, CAPINNO es una variable que muestra la capacidad de innovación en cada economía, EDUSUP es una medida de la formación en educación superior, ABSTEC es un índice que indica el grado de absorción de tecnología a nivel empresarial y PROPINTEL una proxy a la medición de la protección a la propiedad intelectual de los países.

Las variables endógenas: INNO, GASTOID, CAPINNO[27]

Las variables exógenas: APER, EDUSUP, ABSTEC, PROPINTEL

[27] Los términos: "variable endógena y exógena" son utilizados para fines de la elaboración del modelo en el programa econométrico Eviews.

Una variable endógena es aquella en la que es posible estimar su probabilidad de ocurrencia, o tener control sobre esta. De esta forma se seleccionó a la innovación, el gasto en I+D y a la capacidad de innovación, además de poseer una relación causal entre ellas. Esto lo podemos analizar mediante la combinación de las variables, por ejemplo es posible que el índice de innovación sea mayor si se incrementa el gasto en I+D y la capacidad de innovación, de la misma manera ocurre lo contrario, es decir, es probable que ante una disminución en las últimas dos variables, el índice de innovación se vea reducido.

Como variables exógenas se seleccionó a la apertura comercial, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresarial y la protección a la propiedad intelectual. Lo anterior porque éstas no tienen una relación causal con el índice de innovación, ya que un incremento del índice no necesariamente implica el aumento de las variables exógenas y viceversa.

Por otro lado, las ecuaciones cointegrantes indican la conducta de largo plazo entre las variables endógenas junto a su ajuste dinámico de corto plazo, también se puede ver como la desviación de las variables de su condición de equilibrio de largo plazo. En el caso que estas ecuaciones sean estadísticamente significativas, entonces el coeficiente del error de equilibrio se ajusta gradualmente a través de una serie de ajustes parciales de corto plazo. Mientras que si no es significativo, entonces que no hay desequilibrios y por lo tanto no hay ajustes de corto plazo que considerar, lo que equivale al equilibrio de largo plazo. Con el fin de obtener resultados más precisos, las variables fueron tratadas en logaritmos.

Los resultados del VECM se presentan en el Cuadro 5.12. Si bien no existe evidencia sustancial sobre la relación de la innovación y apertura comercial en un nivel macroeconómico y en los trabajos empíricos que abordan esta relación para un mercado o industria en particular los resultados son ambiguos. Se observa que la apertura comercial es altamente significativa al 5 por ciento, además posee un coeficiente positivo con el índice de innovación siendo consistente con el trabajo de Eaton y Kortum (2006) que estudia la relación entre la innovación y la liberación del comercio.

De lo anterior se puede inferir que en los últimos años la apertura comercial ha sido importante en los países de América Latina dado que quienes han liberalizado su comercio presentan mayores índices de innovación. Esto puede deberse a que una economía más abierta al comercio externo tiene la capacidad de realizar más innovaciones facilitadas por la importación de tecnología originada en países más desarrollados. No obstante, debe entenderse que por sí misma la apertura comercial no tendría el mismo impacto que si fuera acompañada de otras medidas que estimulen a mayores niveles de innovación para los países de la región.

Cuadro 5.12. Resultados de estimación del modelo VECM

	Variable dependiente					
	ln(Innovación)		**ln(Gasto I+D)**		**ln(Capacidad de Innovación)**	
Regresores	*Coeficiente*	*t-value*	*Coeficiente*	*t-value*	*Coeficiente*	*t-value*
Constante	-0.205	(-3.999)**	-0.254	(-3.546)*	-0.073	(-0.843)
$\mathrm{In(Aper.Comercial)}$	0.067	(2.680)**	0.062	(1.771)**	0.008	(0.188)
$\mathrm{In(Gasto\ I+D)_{t-1}}$	0.258	(2.788)**	0.318	(2.450)**	0.377	(2.389)**
$\mathrm{In(Cap\ de\ inno)_{t-1}}$	0.088	(1.980)**	0.220	(3.543)**	-0.021	(-0.281)
$\mathrm{In(Form_Edu_Sup)_{t-1}}$	0.361	(3.996)**	0.437	(3.455)**	0.498	(3.243)**
$\mathrm{In(Abstec_NE)_{t-1}}$	0.302	(2.692)**	0.301	(1.919)	-0.150	(-0.789)
$\mathrm{In(Propintel)_{t-1}}$	0.094	(4.454)**	0.139	(4.688)***	0.053	(1.473)
Eq. Cointegrante 1	-0.161	(-5.048)***	-0.224	(-5.011)**	-0.004	(-0.074)
Eq. Cointegrante 2	-0.066	(-4.010)***	-0.106	(-4.583)**	-0.177	(-6.304)**
Schwarz: -9.326	R^2= 0.41		R^2= 0.40		R^2= 0.51	
Ecuacion cointegrante 1	EQ1= ln(Innovación) -1.89 ln(Cap de inno) - 1.03					
Ecuacion cointegrante 2	EQ2= ln(Gasto I+D) 4.56 ln(Cap de inno) - 1.21					

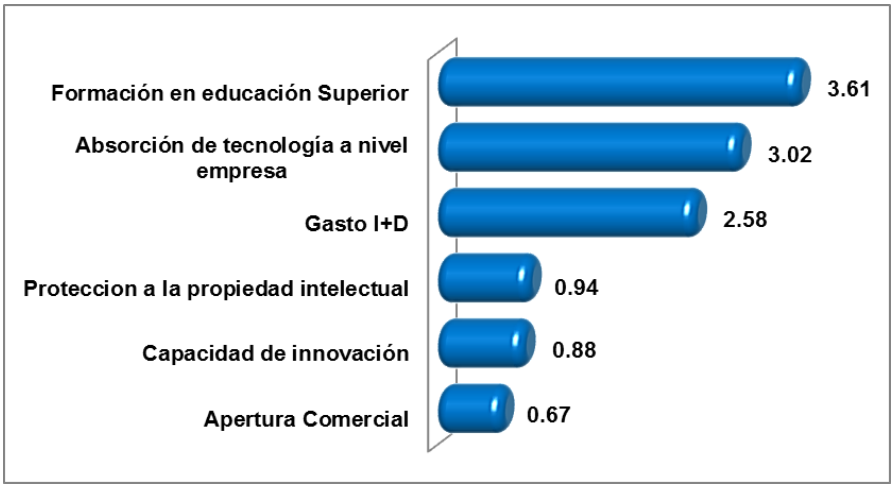
Notas: ***, ** y * denotan el nivel de significancia al 1%, 5% y 10% respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, si consideramos al resto de las variables (Gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual) se puede observar que son significativas al 5 por ciento, lo cual indica que tienen una relación de largo plazo pero además influyen de manera positiva en el índice de innovación. No obstante es importante poner atención en el impacto que cada una de estas variables genera en el índice. Lo anterior permitirá enfocar esfuerzos en

la materia priorizando las necesidades para obtener mejores resultados en las políticas de innovación que se propongan en la región. La Gráfica 5.1 permite tener una mejor perspectiva sobre el efecto que cada una de las variables explicativas tiene sobre el índice de innovación.

Las variables formación en educación superior, absorción de tecnología a nivel empresa y el gasto en I+D tienen un impacto significativo mayor que la protección a la propiedad intelectual, la capacidad de innovación y la apertura comercial. Lo anterior nos acerca a la comprobación de la hipótesis en la que se distinguen impactos diferenciados en la relación de la innovación y sus respectivas variables explicativas.

Gráfica 5.1 Elasticidades de las variables de innovación. Variación del índice de innovación frente a un incremento del 10% en cada variable explicativa.



Fuente: Elaboración propia.

Dado que las variables utilizadas en el modelo están tratadas en logaritmos, los coeficientes estimados presentados en el Cuadro 5.12 miden el cambio porcentual producido en la variable dependiente (innovación) ante un cambio porcentual en las variables explicativas. De esta manera, un incremento del uno por ciento en la formación en educación superior se asocia con un aumento de 0.361 por ciento en la innovación en promedio. La lógica es la misma para cada una de las variables explicativas.

No obstante para efectos de mejor comprensión, en la Gráfica 5.1 se observan los cambios en la innovación ante el incremento de un 10 por ciento en cada una de las variables explicativas. En este sentido, un incremento del 10 por ciento en la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y el gasto en I+D provoca en promedio un aumento del 3.61, 3.02 y 2.58 en el índice de innovación respectivamente. Un impacto menor se observa en las variables protección a la propiedad intelectual, capacidad de innovación y la apertura comercial las cuales ante un aumento del 10 por ciento generan un incremento del 0.94, 0.88 y 0.67 en el índice de innovación respectivamente.

Con ello se corrobora la hipótesis sobre los impactos diferenciados entre las variables explicativas y el índice de innovación. Destacando el efecto superior de un aumento en la formación en educación superior y la absorción de tecnología a nivel empresa en los países de la región. Los resultados son contundentes con los trabajos empíricos revisados en el Capítulo 2 en donde se concluía que en los países en vías de desarrollo en donde las empresas cuentan con un bajo contenido tecnológico en sus actividades productivas es más importante la absorción de tecnología que la investigación y desarrollo.

Como se vio, una de las ventajas del VECM es que capta los desequilibrios de corto plazo y los corrige. En el Cuadro 5.12 (primeras dos columnas) se puede observar que la primera ecuación cointegrante es estadísticamente significativa al 1 por ciento. Esta ecuación es el vector de corrección del error y muestra el desequilibro de corto plazo y cómo es su movimiento, en este resultado el coeficiente es -0.161, el cual indica que la divergencia total de la relación de largo plazo, alrededor del 16.1 por ciento se corrige en el lapso de un año. Dado que el error de corrección es negativo, entonces se argumenta que el índice de innovación estaba por arriba de su valor de equilibrio, porque comienza a disminuir en el periodo siguiente para corregir el desequilibrio.

Al observar la segunda ecuación cointegrante referente al gasto en I+D se estima un valor negativo del error de corrección de corto plazo de -0.066. De la misma manera esta ecuación es significativa al 1 por ciento y nos dice que esta

variable evoluciona por encima de su valor de equilibrio y tiende a corregirse de manera muy lenta, es decir 6.6 por ciento en el lapso de un año.

En el mismo cuadro (columna 2 y 4) específicamente la ecuación ln(Gasto I+D) se estiman correcciones del error de equilibrio en la misma dirección; tanto el índice de innovación como el Gasto en I+D se encuentra por arriba del valor de equilibrio (dado que los coeficientes son negativos) corrigiéndose en un año alrededor de 22.4 y 10.6 por ciento respectivamente.

Comentarios finales

En este capítulo se presentó la metodología paramétrica de la investigación. Se describió la selección de los países considerados en la muestra, se procedió a realizar un análisis descriptivo de las variables que conforman la base de datos. La información se conformó como un panel de datos con 204 observaciones en un espacio temporal que va del año 2006 al 2017 integrado por 17 unidades transversales que corresponden a los países seleccionados de América Latina. Se consideraron siete variables explicativas para analizar la relación de largo plazo y considerar los factores que estimulan la innovación tecnológica en los países de América Latina.

Después de realizar un análisis de las estadísticas básicas de la base de datos, se procedió a realizar las pruebas de raíz unitaria para conocer la estacionariedad de las series, posteriormente se aplicaron primeras diferencias en aquellas variables que habían resultado no estacionarias, lo que llevó a deducir que efectivamente las variables presentan raíz unitaria.

También se llevó a cabo la prueba de Cointegración de Engle- Granger para determinar si entre las variables seleccionadas había una relación de largo plazo y entonces proceder con las pruebas de cointegración de Johansen y así determinar cuántas ecuaciones cointegrantes se debiesen integrar en el Modelo del Corrección del Error Vectorial (VECM).

Para finalizar el capítulo se construyó el VECM exponiendo que éste tiene ciertas ventajas sobre los modelos convencionales porque corrige el error del equilibrio de corto plazo y trata el problema de endogeneidad y multicolinealidad que en los modelos clásicos de regresión lineal pueden estar afectando los resultados.

Las hipótesis planteadas inicialmente han sido comprobadas una vez que se aplicaron los métodos econométricos. Por un lado se corroboró que en los países de América Latina existe una relación de largo plazo y además tienen una influencia significativa y positiva la apertura comercial, el gasto en I+D, la capacidad de innovación, la formación en educación superior, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad con el nivel de innovación.

Por otro lado se comprobó que tanto la formación en educación superior y el gasto en I+D tienen un impacto superior al efecto del resto de las variables explicativas en el nivel de innovación de la región. Por lo tanto, en la priorización de las políticas públicas enfocadas en innovación, se recomienda poner especial interés en estos indicadores ya que influyen como elementos potenciales en los niveles de innovación tecnológica de los países considerados en la muestra

Como sugerencia a futuras investigaciones se sostiene que el presente análisis se puede extender sobre horizontes temporales más largos, con el fin de obtener estimaciones más consistentes de las relaciones cointegrantes. No obstante, una de las limitaciones de este trabajo fue que abarcar un periodo mayor complicaría la disponibilidad de información para las variables seleccionadas ya que en su elaboración la base de datos histórica del Foro Económico Mundial contempla la información de los países de América Latina a partir de 2006.

CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo se planteó dos objetivos principales. El primero estuvo enfocado en analizar la distribución de la innovación en los países de América Latina en el periodo 2006-2017. Con ello, se observó el comportamiento de la innovación de las economías mediante la transición en el tiempo de un estado a otro.

Los resultados de la primera parte metodológica permiten concluir que en el periodo analizado las economías de América Latina con los niveles de más bajos de innovación tuvieron un alto grado de movilidad. Es decir, dado que cuentan con las estructuras más débiles en materia de innovación dentro de la región están expuestas a que cambios repentinos en sus políticas de innovación las vuelvan más vulnerables a transitar más rápido de un estado a otro en la distribución. Se constató que los países dentro del nivel más bajo de innovación tuvieron mayores probabilidades de mejorar su estado en la distribución a saber: Honduras, Guatemala El Salvador y Ecuador.

Por otro lado, se comprobó que la probabilidad de permanencia de los países que tienen un alto índice de innovación fue mayor. Vale la pena resaltar que existen países que destacaron por su nivel de innovación durante el periodo completo, situación que los llevó a permanecer en el nivel más alto, estos fueron: Chile y Costa Rica. Mientras que en el nivel Medio-Alto permanecieron: México, Argentina, Colombia y Uruguay. Lo anterior permite rechazar la hipótesis de convergencia en innovación, más bien se observa una heterogeneidad de innovación en la región, ya que la persistencia de estos países en cada estado de la distribución implica una estratificación de la innovación.

No obstante cuando se analizó el vector de estado estacionario teniendo en cuenta la distribución inicial del 2006 y el comportamiento hasta final de periodo se percibe un acercamiento hacia los niveles Medio-Alto y Alto. En este sentido Los países que en cada sub-periodo permanecieron en el nivel Alto y Medio-Alto pasarían a formar parte del nivel más alto de innovación después de realizar las interacciones del estado estacionario, mientras que las economías que durante el

periodo permanecieron en nivel Bajo y Medio-Bajo, formarían parte del nivel Medio-Alto para así formar los dos grupos que se observan en el vector de estado estable del periodo 2006-2017. En este contexto, se observa una polarización en la distribución formada en los dos niveles más altos de innovación.

Los resultados derivados de las transiciones de Markov ponen en evidencia que el desarrollo de la innovación en América Latina no es homogéneo entre las economías. Según el Banco Interamericano de Desarrollo los países más pequeños y pobres en la región a menudo no tienen un marco institucional para la ciencia y la tecnología, a excepción de unas pocas universidades y sus empresas medianas o pequeñas usualmente no tienen cultura o capacidad de I+D.

La contextualización de la innovación que se revisó en el capítulo dos respalda estos resultados y con ello se destacan ciertas diferencias que en estricto sentido han llevado a que los países de la región presenten una heterogeneidad en este rubro. Entre otras diferencias se encuentra la calidad y eficacia del sistema educativo; la capacidad para generar inversión en I+D; la existencia de investigadores relativamente fuertes en algunas áreas del conocimiento así como la apropiación de la producción local de conocimientos por parte de la sociedad científica.

Sin duda estos resultados son muy importantes ya que la finalidad de identificar distintos grupos con características similares de innovación es la aplicación de instrumentos y modelos diferenciados en las políticas de ciencia y tecnología de los países latinoamericanos. La evidencia empírica muestra que los países en América Latina han adoptado políticas de innovación miméticas, pero esta forma de adaptación ha complicado aún más su capacidad de innovar porque no todas las economías tienen la misma estructura innovativa, es decir, cada una de ellas tienen sus propias circunstancias económicas y sociales. Por lo tanto, en los países en vías de desarrollo este punto sea tal vez de mayor importancia porque les resulta más difícil subsanar errores de política en innovación costosos.

Por otro lado, la heterogeneidad observada abre oportunidades para el ejercicio de la cooperación horizontal, es decir, los gobiernos de los países con mayor nivel de innovación en la región pueden trabajar mediante la generación de alianzas estratégicas de innovación con sus similares más pequeños de América Latina.

La segunda parte de esta investigación estuvo orientada al análisis del impacto de la apertura comercial, el gasto en I+ D, la formación en educación superior, la capacidad de innovación, la absorción de tecnología a nivel empresa y la protección a la propiedad intelectual en la innovación. Con ello se buscó demostrar de manera positiva las predicciones de las hipótesis planteadas para esta parte del trabajo considerando el mismo periodo de análisis (2006-2017). Los resultados obtenidos señalan que existe un impacto positivo de cada una de las variables explicativas en la innovación de los países de la región. Se corroboró que existe una estrecha relación positiva entre las variables explicativas y el nivel de innovación.

Las pruebas de cointegración de Granger y Johansen evidencian la causalidad entre las variables antes mencionadas y el índice de innovación corroborando la hipótesis y la importancia que tienen dichas variables en el nivel de innovación de los países.

Se observó que tanto la formación en educación superior y la absorción de tecnología a nivel empresa presentan mayor sensibilidad en el nivel de innovación, posteriormente el gasto en I+D, la protección a la propiedad intelectual, la capacidad de innovación y finalmente la apertura comercial. Se corroboró la hipótesis de que un capital humano bien formado y capacitado tiene alto impacto en los niveles de innovación. Además que dado que los sectores económicos de América Latina cuentan con un bajo contenido tecnológico, el impacto de la absorción de tecnología a nivel empresa sería mayor que el impacto que podría representar el Gasto en I+D ya que éste es más importante en los países más desarrollados donde sus actividades productivas cuentan con un alto contenido tecnológico.

Bibliografía

Aali Bujari, A., y Venegas F. (2016). *Technological Innovation and Economic Growth in Latin America.* Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época/Mexican Journal of Economics and Finance, 11(2).

Aghion, P. y Howitt, P. (1990). *A model of growth through creative destruction.* NBER Working Paper Nº 3223. Cambridge Enero 1990.

Allred, B. B., y Park, W. G. (2007). *The influence of patent protection on firm innovation investment in manufacturing industries.* Journal of International Management, 13: 91–109.

Anchuelo, A. (1993). *Series Integradas y Cointegradas: Una Introducción.* Revista de Economía Aplicada, 151-164.

Barro, R. (1990). *Government Expending in a Simple Model of Endogenous Growth.* Journal of Political Economy 98 (5): 103–125.

Barro, Robert. J. y Sala-I-Martin, X. (1990). *Convergence across states and regions.* Brookings Papers on Economic Activity, 1. Washington, D.C., The Brookings Institution, págs. 107-182.

Barro, R y X. Sala–i–Martin. (1992). *Public Finance in Models of Economic Growth.* Review of Economic Studies 59: 654–661.

Baumol, W. (2004). *Difusión y adaptación de la tecnología: el crecimiento a través de la innovación imitativa.* ICE. Economía internacional: nuevas aportaciones, pp. 5–16

Bernal, J. D. (1979). *Historia Social de la Ciencia.* Península: Barcelona).

Berniel, L. (2013). *Microempresas: ¿fuente de crecimiento o refugio del desempleo?* Emprendimientos en América Latina. Reporte de economía y desarrollo.

Betancourt, M. (2013). *Dinámica de la distribución de la renta en las provincias de Ecuador: un análisis no paramétrico*. Quito, Ecuador: Flacso.

BID (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO). 2010. *Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe: Un compendio estadístico de indicadores* (Ed.). Washington, DC, Banco Interamericano de Desarrollo.

Brue, Stanley L.; Grant, Randy R. (2009). *Historia del pensamiento económico.* (8va. Ed.) Ed. Cengage Learning

Brugger, S. (2010). *Mercados de capital y crecimiento económico en Latinoamérica.* Documento de investigación. UNAM.

Castellacci, F. y Natera, J. (2016). *Innovation, absorptive capacity and growth heterogeneity: development paths in Latin America 1970–2010.* Struct. Chang. Econ. Dyn. 37, 27–42.

Chen, Q. (2008). *The Effect of Patent Laws on Invention Rates: Evidence from Cross-Country Panels.* Journal of Comparative Economics 36, 694-704.

Conte, A. y Vivarelli M. (2005). One or many knowledge production functions? Mapping innovative activity using microdata. IZA Discussion Papers No.1878

Correa, C. (2002). *Public Health and Intellectual Property Rights.* Global Social Policy. Vol 2, Issue 3, pp. 261 – 278
Crespi, G. and P. Zuniga. (2012). *Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. World* Development 40(2): 273–90.

Crespi, G., E. Tacsir, and F. Vargas. (2016). *Innovation Dynamics and Productivity: Evidence for Latin America. in* Grazzi M. and C. Pietrobelli (eds.) Firm Innovation and Productivity in Latin American and the Caribbean. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

Eaton, Jonathan y Kortum, Samuel (2006). Innovation, Diffusion and Trade. NBER Working Paper #123

Freeman, C. (1993). *El reto de la innovación: la experiencia de Japón.* Caracas, Editorial Galac.

Freeman, C. (1994). *Innovation and growth.* In: E. Aldershot, ed. The Handbook of Industrial Innovation. 78-93.

Galbraith, J. K. (1980). El nuevo estado industrial, editorial Ariel, Barcelona, pp. 40-52

Gallego, J. (2003). *El cambio tecnológico y la economía neoclásica*. Dyna, 70 (138), pp. 67-78. Universidad Nacional de Colombia.

Galindo, M. (2011). *Crecimiento económico.* Tendencias y nuevos desarrollos de la teoría económica. Universidad de Castilla-La Mancha. Núm. 858

Galindo, M. y Escot, L. (1998). *The Technological Catch-up Effects on the Convergence Hypothesis of the Growth Models.* Research Studies Series, University of York, Research Study, número 116.

Germán-Soto, V. y Gutiérrez, L. (2013). *Assessing Some Determinants of the Regional Patenting: An Essay from the Mexican States.* Scientific Research, Issue 43 B, 1-9.

German-Soto, V. (2017). *Profundidad financiera y crecimiento económico de los estados mexicanos: un análisis de relaciones cointegrantes en paneles no estacionarios.* En Modelado de fenómenos económicos y financieros. pp 227-252

Granger, C., y Newbold, P. (1974). *Spurious regressions in econometrics.* Journal of Econometrics, 111-120.

Grossman, G y E Helpman (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy.* The MIT Press, Cambridge.

Grossman, G. y E. Helpman (1994). *Endogenous Innovation in the Theory of Growth.* The Journal of Economic Perspectives, vol. 8, núm. 1, 23-44.

Gujarati, D. (2010). *Econometría.* México: Mc Graw Hill.

Gutiérrez-Flores Luis, Alba Verónica Méndez-Delgado y José Refugio Reyes-Valdés (2011). *La movilidad y la distribución del ingreso en los municipios de Coahuila.* Región y Sociedad, XXIII (52), El Colegio de Sonora, Hermosillo, pp. 131-171.

Guzmán A. et al. (2017). *Convergencia de innovación en el nuevo paradigma tecnológico de nanotecnología entre países, 2000-2010.* Revista de Contaduría y Administración UNAM.

Guzmán A. Brown F. y Mendoza M. (2016). *Propensión a innovar y sus efectos en la innovación y productividad de las firmas manufactureras en México.* En Innovación en América Latina. Ed. Biblioteca Nueva, S. L., Madrid 2016.

Hernández, C. (2002). *La teoría del crecimiento endógeno y el comercio* internacional. Cuadernos de Estudios Empresariales. Vol. 12: 95-112.

Jasso, V. y Esquer, M. (2007). *Redes locales de innovación en México: el papel de las instituciones y los centros de investigación en Sonora.* 8vo. Congreso Nacional y 4to. Congreso Internacional de la Red de Investigación y docencia sobre Innovación Tecnológica. RIDIT: 1-20.

Johansen, S. (1988). *Statistical Analysis of Cointegrating Vectors*. Journal of Economic Dynamics and Control: 231-54.

Kolman, B. y Hill, D. (2006). *Álgebra lineal.* Editorial Pearson educación. México.

Kotsoyiannis A. (1979). *Microeconomía Moderna.* Amorrortu editores.

Lambardí, Germán Daniel, y Mora, Jhon James. (2014). *Determinants of innovation in products or processes: the Colombian case.* Revista de Economía Institucional, 16 (31), 251-262.

Lazonick, W. (2003). *The Theory of the Market Economy and the Social Foundations of Innovative Enterprise.* Economic and industriral democracy.

Lederman, D.; Messina, J.; Pienknagura, S. y Rigolini, J. (2014). *El emprendimiento en América Latina: muchas empresas poca innovación*. Washington, DC: Banco Mundial, marzo-abril, 38p.

Lemarchand, G.A. (2010). *Science, technology and innovation policies in Latin America and the Caribbean during the past six decades*

López Leyva, Santos. (1997). *La vinculación de la Ciencia y la Tecnología con el sector productivo: su perfil económico.* Culiacán.

Lucas, R. E. (1988). *On the Mechanics of Economic Development.* Journal of Monetary Economics, Issue 22, pp. 3-42.

Mankiw, N. G (1995). *The Growth of Nations*. NBER Working Paper No. R1999.

Montoya (2004). *Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico.* Scientia et Technica Vol 2, núm 25: 209-2013

Mora, A. (2002). *Aspectos teóricos y análisis empírico para las regiones europeas y españolas.* España (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona.

Navarro, J. C., J. Llisterri y P. Zúñiga. (2010). *La importancia de las ideas: innovación y productividad en América Latina.* En: La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos (pp. 265–303). Washington, D.C.: BID

Newbold, P., Carlson W. y Thorne, B. (2008). *Estadística para administración y economía.* (Sexta edición). Editorial Prentice Hall. España.

Newman, P., & Vassilakis, S. (1988). *Sraffa and imperfect competition.* Cambridge Journal of Economics, 12(1), pp. 37-42.

Nicholson, W. (2006). *Teoría Microeconómica: Principios Básicos Y Ampliaciones.* 9th ed. s.l.:Cengage Learning Latin America.

OCDE y Eurostat (2005): *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data.* Oslo Manual. OCDE. París.

OEI (2012). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social.* Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Madrid, España.

Pavitt, K. (1984). *Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory.* Research Policy, 13, (6), 343-373

Pedroza, A. y Sánchez, J. (2005). *Procesos de innovación tecnológica en la pequeña y mediana empresa.* Guadalajara, Universidad de Guadalajara.

Perroux F. (1973). *Pouvoir et Économie.* Bordas. Paris.

Quah DT (1993). *Galton's fallacy and tests of the convergence hypothesis.* Scand J Econ 95:427–443

Quah DT (1996a). *Regional convergence clusters across Europe.* Eur Econ Rev 40:951–958

Quah DT (1996b). *Empirics for economic growth and convergence.* Eur Econ Rev 40:1353–1375

Quah DT (1997). *Empirics for Growth and Distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs.* Journal of Economic Growth V2 No.1, pp 27

Quilis, Enrique (1997). *Convergencia de la productividad en España, un análisis dinámico de su distribución regional.* Manuscrito del Instituto Nacional de Estadística, Madrid, <http://www.ine.es/ daco/daco42/daco4214/cbtc13.pdf>, 12 de octubre de 2012.

Raffo, Julio, Stéphane L'huillery and Luis Miotti (2008). *Northern and Southern Innovativity: a Comparison across European and Latin American Countries.* European Journal of Development Research, 20(2), 219-239.

Rebelo, S. (1991). *Long Run Policy Analysis and Long Run Growth.* Journal of Political Economy, Vol. 99, No. 3, pp. 500-521.

Rendón, H. (2003). "Modelos de corrección de errores y cointegración: a propósito del premio Nobel de Economía". http://www.bdigital.unal.edu.co/

Ricardo, D. (1959). *Principios de economía política y tributación.* México, FCE.

RICYT (RED DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA). 2018. Base de datos de indicadores. Disponible: http://www.ricyt.org/

Rivas–Aceves S. (2012). *El cambio tecnológico generado por el gobierno: un modelo de crecimiento endógeno.* Equilibrio Económico Vol. 8 núm 33, 5-30.

Rivas, G. y Rovira, S. (2014). *Nuevas instituciones para la innovación: Práticas y experiencias en América Latina.* CEPAL, Santiago de Chille.

Rivera-Godoy A. (2015). *Análisis de la relación de la innovación empresarial con la financiación en Colombia.* Cuadernos de Administración. Vol. 50 núm 28: 11-37.

Robert B. Ekelund y Robert F. Hébert (2005) *Historia de la teoría económica y su método*, Madrid, Mc Graw-Hill

Romer, P. (1986). *Increasing Returns and Long–run Growth.* The Journal of Political Economy 94 (5): 1002–1037.

Romer, P. (1990). *Endogenous Technological Change, Journal of Political Economy.* Vol. 98, núm. 5, 71-102.

Sala i Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. 2a. edición, Antonio Bosh editor, España.

San Martín, J.(1990). *Tecnología y futuro humano,* Barcelona, Ed. Anthropos. pp. 35- 56.

Santander, A. y Álvarez, R. (2008). *Apertura comercial e innovación.* Chile (Tesis de Maestría). Universidad de Chile.

Saucedo, A. y Borges Q. (2015). *Innovation and economic growth in latin american emerging countries: the case of mexico, brazil and chile*.

Schumpeter J. (1934). *Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle.* Harvard University Press, Cambridge, MA.

Schneider, P. (2005). *International Trade, Economic Growth and Intelectual Property Rights: A Panel Data Study of Developed and Developing Countries.* Journal of Development Economics 78, 529-547.

Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman & Hall. London.

Smith, Adam (1776). *Una Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones.* Traducción de José Alonso Ortiz, Biblioteca de la Facultad de Derecho de la Universidad de Sevilla.

Solow, R. M. (1956). *A Contribution to the Theory of Economic Growth.* The Quarterly Journal of Economics, LXX(1), pp. 65-94.

Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones.* (Novena edición). México: Pearson educación.

Thorn, K., Soo, M. (2006). *Latin American Universities and the Third Mission. Trends, Challenges, and Policy Options.* World bank Policy research Working Paper, 4002.

Varian Hal R. (2010). *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach* (8th ed.) Antoni Bosch, editor, S.A.

Vega Jurado et al. (2011). *Las relaciones universidad-empresa: tendencias y desafíos en el marco del Espacio Iberoamericano del conocimiento.* Revista Iberoamericana de Educación. (57):109-124

Vial, J. (1991). *Especificación y Evaluación de Modelos Econométricos.* CIEPLAN.

Villaverde J. y Sánchez-Robles B, (2001). *Polarización. Convergencia y Movilidad entre las provincias españolas: 1955-1997.* Revista Asturiana de Economía- RAE No. 20

Von Tunzelmann y Acha, V. (2005). *Innovation in "low-tech" Industries.* In: Fagerberg, J., Mowery, D.C., Nelson, R.R. (Eds.), The Oxford Handbook of Innovation. Oxford University Press, Oxford, pp. 407–432.

WEF. (2017). *The Global Competitiveness Report 2006-2017*. Geneva: World Economic Forum. Base de Datos Histórica. Disponible en: https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018