



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE ECONOMÍA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**IMPACTO DE LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN
EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE AMÉRICA LATINA DESDE UNA
PERSPECTIVA ENDÓGENA.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

(DESARROLLO ECONÓMICO)

P R E S E N T A:

ALI AALI BUJARI



MÉXICO, D.F. ,

NOVIEMBRE DE 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D.F., siendo las 09:00 horas del día 31 del mes de octubre del año 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la SEPI ESE-IPN para examinar la tesis titulada:

Impacto de los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento económico de América Latina desde una perspectiva endógena

Presentada por el alumno:

Aali

Bujari

Ali

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	0	9	4
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

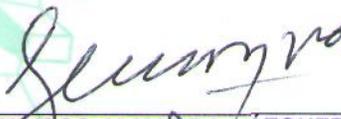
Doctorado en Ciencias Económicas

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

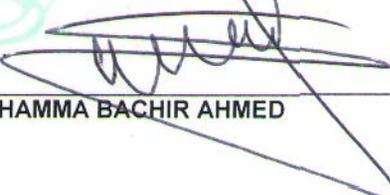
Directores de tesis


DR. HUMBERTO RÍOS BOLÍVAR


DR. FRANCISCO ALMAGRO VÁZQUEZ


DR. GERARDO ANGELES CASTRO




DR. HAMMA BACHIR AHMED


DRA. ALICIA BAZARTE MARTÍNEZ

S.E.P.
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
E.S.E.
SECCION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACION

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. ADRIÁN HERNÁNDEZ DEL VALLE



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En México D.F., siendo las **09:00** horas el día lunes **31** del mes **octubre** del año **2012**, el (la) que suscribe **Ali Aali Bujari** alumno (a) del Programa de **Doctorado en Ciencias Económicas** con número de registro **B091094**, adscrito a la **SEPI ESE-IPN**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Humberto Ríos Bolívar** y **Dr. Francisco Almagro Vázquez** y cede los derechos del trabajo intitula **IMPACTO DE LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE AMÉRICA LATINA DESDE UNA PERSPECTIVA ENDÓGENA**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **San Juan de Dios # 70. Colonia Huipilco. Delegación Tlalpan. México D.F. (C.P. 14370)**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

DR. (C) ALI AALI BUJARI

ÍNDICE GENERAL

Índice	i
Siglas y abreviaturas	iii
Relación de cuadros	iv
Relación de gráficas	iv
Glosario	vi
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	xi
Capítulo I. Aspectos teóricos del crecimiento económico	1
1.1 Teoría tradicional del crecimiento económico	1
1.1.1 Crecimiento y desarrollo económicos en los clásicos	3
1.1.2 Crecimiento económico y la escuela keynesiana	6
1.1.3 Escuela neoclásica y el modelo de crecimiento	9
1.2 Teoría moderna del crecimiento económico	19
1.2.1 Modelos evolutivos de crecimiento económico	20
1.2.2 Modelo de rendimientos crecientes	25
1.2.3 Modelo de capital humano	30
Capítulo II. Teoría de la innovación tecnológica	34
2.1 Innovación tecnológica en el pensamiento económico	34
2.1.1 Innovación tecnológica	35
2.1.2 Sistemas de innovación tecnológica	43
2.1.3 Procesos de innovación tecnológica	48
2.2 Determinantes de la innovación tecnológica	51
2.2.1 Crecimiento económico por aumento de variedad de insumos	55
2.2.2 Expansión del ingreso por mejora en la calidad de bienes	57

2.2.3 Innovación, difusión del conocimiento y crecimiento económico	64
Capítulo III. Procesos de innovación tecnológica y el crecimiento en América Latina.	66
3.1 Procesos de innovación tecnológica en América Latina	66
3.1.1 Inversión en investigación y desarrollo en América Latina	67
3.1.2 Recursos humanos para la investigación en América Latina	74
3.1.3 Productividad de la investigación en América Latina	76
3.2 Difusión de la innovación tecnológica en América Latina	82
3.2.1 Comercio de alto contenido tecnológico	83
3.2.2 Dependencia tecnológica en América Latina	85
3.2.3 Procesos de innovación y crecimiento en América Latina	87
Capítulo IV. Procesos de innovación tecnológica y crecimiento en América Latina. Análisis de datos de panel.	93
4.1 Información y análisis estadístico	93
4.1.1 Descripción estadística de variables	94
4.1.2 Raíces unitarias y cointegración	97
4.1.3 Pruebas de causalidad de Granger	100
4.2 Análisis econométrico	101
4.2.1 Planteamiento del modelo	101
4.2.2 Análisis de resultados	106
Conclusiones	112
Bibliografía	114

Siglas y abreviaturas

ACT: actividades científicas y tecnológicas

ADF: aumentada Dicky Fuller

ADIAT: Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico

BM: Banco Mundial

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONCAMIN: Confederación Nacional de Cámaras Industriales

CNA: Consejo Nacional Agropecuario

EA: efectos aleatorios

EF: efectos fijos

FCCyT: Foro Consultivo Científico y Tecnológico

I+D: inversión en investigación y desarrollo

ISI: Institute for Scientific Information (ISI)

MCO: mínimos cuadrados ordinarios

MR: marcas registradas

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

PatentO: patentes otorgadas

PEA: población económicamente activa

PIB: producto interno bruto

PPA: paridad del poder adquisitivo

PPC: paridad del poder de compra

PTF: productividad total de los factores

ricyt: Red Iberoamericana de indicadores de Ciencia y Tecnología

TIC: tecnologías de la información y comunicaciones

Relación de cuadros

Cuadro 3.1 Participación de PAT en total de exportaciones de México y sus socios comerciales	84
Cuadro 3.2 Participación de PAT en total de exportaciones en países latinoamericanos	84
Cuadro 4.1 Notación y estadística de variables	94
Cuadro 4.2 Estimaciones de raíz unitaria y de cointegración	99
Cuadro 4.3 Causalidad de Granger	100
Cuadro 4.4 Estimaciones de datos de panel estático	109
Cuadro 4.5 Estimaciones de datos de panel dinámico con MGM en sistema	111

Relación de gráficas

Grafica 1.1 El modelo de Solow	17
Grafica 3.1 La inversión en I+D como proporción del PIB de algunos países latinoamericanos en el año 2008	68
Grafica 3.2 Gasto en I+D como proporción del PIB en México	68
Grafica 3.3 Evolución del gasto por habitante en A. L. altos	70
Grafica 3.4 Evolución del gasto por habitante en A. L. medios	70
Grafica 3.5 Evolución del gasto por habitante en A. L. bajos	71
Grafica 3.6 Gasto por investigador en América Latina	72
Grafica 3.7 Gasto en I+D por tipo de investigación 1993	73
Grafica 3.8 Gasto en I+D por tipo de investigación 2007	73
Grafica 3.9 Doctorados en A. L. por disciplina	74
Grafica 3.10 Titulados de doctorado 1990-2008	75

Grafica 3.11 Investigadores en A. L. por sector de empleo	76
Grafica 3.12 Investigadores por sector en México 2007	76
Grafica 3.13 Publicaciones SCI en A. L.	77
Grafica 3.14 Publicaciones de A. L. en SCI	78
Grafica 3.15 Publicaciones mexicanas 1990-2008	79
Grafica 3.16 Publicaciones SCI por cada 100 investigadores en México 1993-2007	79
Grafica 3.17 Patentes en A. L.	80
Grafica 3.18 Número de patentes otorgadas en México 1990-2008	81
Grafica 3.19 Evolución de las patentes otorgada en México para residentes y no residentes 1990-2008	82
Grafica 3.20 Participación de los países en exportaciones de alta tecnología en 2005	83
Grafica 3.21 Coeficiente de invención en México 1990-2008	85
Grafica 3.22 Coeficiente de invención en economías latinoamericanas en comparación con otros países	86
Grafica 3.23 Tasa de dependencia en México 1990-2008	86
Grafica 3.24 Relación ingreso per cápita y la proporción del PIB en I+D	88
Grafica 3.25 Proporción de I+D respecto al PIB y crecimiento de PTF en algunos países latinoamericanos	90
Grafica 3.26 Dinámica del crecimiento de la inversión en I+D y el aumento de la PTF	91
Grafica 4.1 Relación ingreso per cápita y variables tecnológicas	96

Glosario

Actividades científicas y tecnológicas: incluye tanto la investigación científica, la enseñanza técnica, difusión y promoción de los conocimientos; como las actividades sistemáticas de investigación relacionadas con la producción de nuevos bienes, procesos, insumos.

Acumulación de capital humano: efecto de sumar mayores y mejores capacidades de producción de los trabajadores. El capital humano también es susceptible a acumulación, similar a lo que ocurre con el capital físico.

Capital humano: nivel de habilidades y conocimientos de los individuos, que utilizan para la producción en las empresas, industrias, o naciones.

Capital: es la inversión acumulada en el tiempo y también es un factor importante de la producción.

Coeficiente de invención: indica la relación entre las patentes solicitadas en el país con su población, se expresa por cada cien mil habitantes.

Crecimiento económico: es el simple aumento del Producto Interno Bruto

Desarrollo económico: es un proceso que tiene como condición necesaria el crecimiento económico, que se complementa con mejor distribución del ingreso, que se transforma en beneficio de la población, mejor calidad de vida, mejor educación, mejor salud, etc.

Crecimiento endógeno: teoría del crecimiento económico, que aparte de explicar el crecimiento económico, explican las causas que lo generan.

Exportaciones de alto contenido tecnológico: son las exportaciones de productos de alto contenido tecnológico.

Gasto en ciencia y tecnología: indica el gasto realizado tanto por el sector público y privado en un país, en actividades científicas y tecnológicas, también en investigación y desarrollo; se expresa en dólares de PPC.

Gasto en investigación y desarrollo: recursos monetarios destinados a financiar al trabajo creativo de la innovación de productos, procesos, insumos.

Gasto en investigación y desarrollo por habitante: relaciona el gasto en investigación y desarrollo con la población de un país.

Gasto por investigador: relaciona el gasto total en el país con el número de investigadores.

Innovación de proceso: es nuevo método de organización de la producción, de las relaciones exteriores de la empresa, organización en el lugar de trabajo o en las prácticas de la organización.

Innovación de producto: efecto de hacer un producto nuevo o mejorar de manera significativa un producto ya existente.

Innovación tecnológica: Son innovaciones de producto o de proceso.

Innovación: acción y efecto de Introducir novedades. Creación de productos y servicios nuevos o transformación y mejora de los ya existentes. La innovación es entendida en sentido general como innovación de producto, de proceso, de organización, de mercadotecnia o de comercialización

Investigación aplicada: trabajos enfocados a lograr un objetivo práctico específico.

Investigación básica: son trabajos de investigación enfocados fundamentalmente para la adquisición de nuevos conocimientos sobre algún fenómeno.

Investigación experimental: investigación sistemática enfocada a la producción de nuevos insumos, procesos, productos, o mejora significativa de productos existentes.

Modelo. Simplificación de la realidad mediante ecuaciones, gráficas o combinación de ellas y se utilizan para estudiar fenómenos económicos.

Modelos de datos de panel. Son modelos que utilizan datos temporales y de corte transversal simultáneamente.

Número de investigadores: cantidad de profesionales de tiempo completo que se dedican a la producción de nuevos conocimientos, procesos, productos, insumos.

Patentes otorgadas: indica el número de patentes otorgadas en cada país en un año, dichas patentes se otorgan para residentes y no residentes.

Procesos de innovación tecnológica: es la difusión de la innovación de productos y de proceso entre empresas, industrias y países. Y se compone de varias etapas, como inversión en investigación y desarrollo, patentes y comercio internacional de bienes y procesos.

Producto interno bruto: es la producción total de bienes y servicios finales en un país, en un periodo que puede ser trimestre, año, etc.

Productos de alto contenido tecnológico: son productos intensos en investigación y desarrollo, como medicamentos, productos informáticos, partes de aviones, automóviles, etc.

Publicaciones en el SCI: número de publicaciones científicas registradas por el Institute for Scientific Information (ISI), en Estados Unidos de América.

Publicaciones en PASCAL: número de publicaciones científicas registradas en PASCAL producida por el Institut de l'Information Scientifique et Technique en Francia.

Tasa de dependencia: relaciona el número de patentes solicitadas desde el exterior y el número de patentes solicitadas por residentes.

Resumen

Tanto los estudios teóricos como los empíricos dan evidencia de la importancia que tiene la innovación para impulsar el crecimiento económico en el largo plazo, de igual forma, los procesos de innovación tecnológica son determinantes en el mejoramiento de la productividad y el crecimiento económico de las naciones.

En ésta investigación se analiza el impacto de los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento económico para doce países de América Latina en el periodo (1996-2008). La estimación de modelos de datos de panel dinámico, se realiza utilizando el Método Generalizado de Momentos en sistema desarrollado por Arellano y Bover (1995), con aportes de Blundell y Bond (1998).

El principal resultado de ésta investigación, respaldado por la teoría del crecimiento endógeno y la evidencia empírica, es que el crecimiento económico es impactado positivamente por los procesos de innovación tecnológica en las naciones latinoamericanas que fueron objetos de estudio.

En la investigación se muestra con mediante el análisis descriptivo, el análisis estadístico, las pruebas de causalidad, el análisis de datos de panel dinámico la importancia que tienen la inversión en investigación y desarrollo, el número de patentes y las exportaciones de alto contenido tecnológico para elevar la productividad total de los factores y el crecimiento en América Latina.

Abstract

Both theoretical and empirical studies provide evidence of the importance of innovation to drive economic growth in the long run, similarly, technological innovation processes are crucial in improving the productivity and economic growth of nations.

In this research we analyze the impact of technological innovation process on economic growth for twelve Latin American countries in the Period (1996-2008). Models of dynamic panel data are performed using the Generalized Method of Moments system developed by Arellano and Bover (1995), with input from Blundell and Bond (1998).

The main result of this work, supported by the endogenous growth theory and empirical evidence is that economic growth is positively affected by technological innovation process in Latin American nations that were objects of study.

By using descriptive analyzes, statistical analysis, causality tests and analysis of dynamic panel data, this study shows the importance of investment in research and development, the number of patents and high-tech exports to raise total factor productivity and growth in Latin America.

Introducción

La teoría del crecimiento económico en las últimas décadas ha innovado tratando los temas empíricos con mayor rigurosidad, esto ha llevado a crear una serie de bases de datos de mucha utilidad, la literatura sobre crecimiento económico actual ha vinculado los estudios empíricos más estrechamente con las predicciones de la teoría económica Sala-i-Martin (2002). A mediados de los ochentas y principios de los noventas del siglo pasado surgió la teoría del crecimiento endógeno, cuyo aporte fundamental ha sido explicar el progreso técnico mediante el esfuerzo de los agentes económicos, fenómeno que no explicaba Solow (1956)¹.

El crecimiento endógeno inicia con la investigación de Romer (1986), y posteriores aportes de Lucas (1988). También destacan Helpman y Groosman (1991), así como Aghion y Howitt (1992), que introducen el papel que juega la innovación en el crecimiento económico y son reconocidos como crecimiento endógeno schumpeteriano², éstos autores toman de forma explícita la innovación y analizan el papel que juega en el crecimiento económico.

Por su parte, Aghion y Howitt (1992) muestran que las empresas innovadoras, la cantidad de trabajo dedicado a la innovación, tienden a incrementar el progreso tecnológico y la productividad de la economía. Señalan que el motor del crecimiento económico es la tecnología de la producción de innovaciones. La teoría del crecimiento endógeno schumpeteriano utiliza en sus modelos importantes supuestos, Coe y Helpman (1995) prueban que la inversión en investigación y desarrollo impulsa la productividad total de los factores, y dan evidencia de la importancia de la inversión en investigación, donde prueban que el

¹ Solow explica el crecimiento económico sin embargo deja de explicar los factores que impulsan el crecimiento como progreso técnico, décadas más tarde el progreso técnico se vuelve intencional, lo que se conoce como crecimiento endógeno.

² El crecimiento schumpeteriano, se le denomina así, en honor al destacado economista Joseph Schumpeter por su introducción del papel que tiene la innovación en el sistema económico, aunque no fue el creador del crecimiento endógeno schumpeteriano sentó las bases con sus aportes.

gasto en investigación y desarrollo de los socios comerciales tienen un efecto positivo sobre la productividad total de los factores doméstica³.

Otra investigación realizada por Young (1998) señala que el crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) sigue al gasto en Investigación y Desarrollo (I+D), otro estudio en este sentido, considera que para sostener el crecimiento de la Productividad Total de los Factores es necesario el aumento del gasto en Investigación y Desarrollo. Aghion y Howitt (1998).

Por su parte, Zachariadis (2003) en un estudio aplicado a la industria manufacturera estadounidense muestra que los aumentos en la inversión en investigación y desarrollo incitan al incremento de patentes, estos últimos, inducen a un mayor progreso técnico que provoca a su vez, un mayor crecimiento económico. Otros autores utilizan datos de panel y muestran que en el Reino Unido, durante los ochentas, con la apertura comercial y el arribo de las firmas extranjeras se incrementa la productividad de los trabajadores de la industria y también provocan a su vez un acelerado crecimiento de la productividad total de los factores agregada; Aghion et al. (2004).

Más tarde, Ha y Howitt (2006) muestran que para sostener el crecimiento de la productividad total de los factores es necesario mantener la proporción del Producto Interno Bruto (PIB) que se gasta en investigación y desarrollo, las relaciones de cointegración implican que la teoría schumpeteriana tiene mejores predicciones sobre crecimiento de la productividad total de los factores, basándose en datos y en la experiencia.

Estos autores desarrollan un modelo en el cual toman la acumulación de capital del modelo neoclásico y crecimiento endógeno de la productividad de los modelos schumpeterianos, encuentran que la teoría neoclásica explica entre el 30

³ Este punto es muy importante para México ya que es socio comercial de Estados Unidos de América, y los gastos en Investigación en USA, provocan efectos spillovers y afectan positivamente a la economía mexicana.

y el 70 por ciento del crecimiento del producto por trabajador en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que puede ser atribuida al capital, mientras que en el largo plazo todo el crecimiento del producto por trabajador es causado por el progreso tecnológico. Por otra parte afirman que la productividad total de los factores sigue a la inversión en investigación y desarrollo per cápita.

En su trabajo Madsen (2007) estudia a cinco países principales de la OCDE mediante un panel y concluye que la teoría schumpeteriana es adecuada para explicar los aumentos el Productividad Total de los Factores y que no sólo está relacionada con las intensidades de investigación local, sino también con la investigación extranjera.

Hoy en día seguimos presenciando un creciente interés por los estudios del crecimiento económico, sus determinantes como la innovación, capital humano, entre otros factores de significativa relevancia en el ámbito de la producción, en la productividad, en el ámbito empresarial, en la mejora de los niveles de vida de la población. Existen diferentes explicaciones para los distantes ingresos per cápita entre las naciones ricas y los países en desarrollo, y eso precisamente está relacionado con el problema de ésta investigación, las tasas de crecimiento del ingreso per cápita relativamente bajas en América Latina pueden estar relacionadas la poca atención prestada a los procesos de innovación tecnológica, con el pobre esfuerzo en materia de innovación.

Del problema anterior se desprende la hipótesis de que los procesos de innovación tecnológica son de significativa relevancia para el crecimiento económico en América Latina, y por tanto los determinantes de la innovación como las actividades científicas y tecnológicas atendidas podrían jugar un rol importante en el crecimiento económico en la región.

El objetivo de ésta investigación es analizar el impacto de los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento económico en América Latina, específicamente, se analiza el rol de la investigación y desarrollo, el numero de patentes y las exportaciones de alto contenido tecnológico en el impulso del crecimiento en doce países⁴ de la región en el periodo 1996-2008. En este trabajo utilizamos el análisis de datos de panel tanto estáticos como dinámico para doce naciones latinoamericanas, con información del Banco Mundial disponible en el 2011 y con apoyo en los paquetes Stata e Eviews.

El documento se organiza en cuatro capítulos, en el primero se presentan aspectos teóricos del crecimiento económico, en el segundo, la teoría de la innovación tecnológica, en el tercero, se abordan la interrelación entre los procesos de innovación tecnológica y crecimiento económico en América Latina desde el análisis descriptivo de datos, en el cuarto capítulo se analiza el impacto de los procesos de innovación tecnológica y crecimiento en América Latina, desde enfoque econométrico mediante el análisis de datos de panel, finalmente las conclusiones y bibliografía.

⁴ Las doce naciones objetos de estudio son: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay.

Capítulo I. Aspectos teóricos del crecimiento económico

Éste capítulo primero se dedica a la revisión teórica sobre la teoría del crecimiento y el desarrollo económicos, el cual se divide en dos grandes epígrafes, el primero estudia la teoría tradicional sobre crecimiento económico, donde el lector encontrará los aportes de los economistas clásicos como Smith (1776), Ricardo (1817), después a Marx (1867), posteriormente se encuentran las contribuciones de la escuela keynesiana, aportes de Keynes (1936), de Harrod (1939) y de Roseintein Rodan (1943), se analizarán los aportes de la escuela neoclásica sobre crecimiento económico, donde se revisaran a Wicksell (1934), Solow (1956) y Rostow (1960).

En el segundo epígrafe se analiza la teoría moderna del crecimiento económico endógeno, donde se revisan los modelos evolutivos como los trabajos de Nelson y Winter (1982), Chiaramonte y Dosi (1993), posteriormente se analizaran el modelos de rendimiento crecientes de Romer(1986) y finalmente el modelo con capital humano de Lucas (1988).

1.1 Teoría tradicional del crecimiento económico

El desarrollo económico, en general, significa un crecimiento económico sostenido y una mejor distribución del ingreso. El desarrollo económico¹, si bien implica aumento del ingreso real per cápita, aumento de la tasa de acumulación del capital, incremento de progreso técnico y todos los factores de producción, no sólo establece el aumento de cantidades, sino incluye también la mejora en la calidad. A su vez, abarca el mejoramiento de factores no económicos como los psicológicos, sociales, ambientales y otros.

¹ El desarrollo económico es una variable cualitativa, aunque existen intentos para su medición como el Índice de Desarrollo Humano que incluye una variable económica, una de educación y otra de salud.

El desarrollo económico necesita y exige transformaciones de las técnicas y de la organización de la producción, de las instituciones y de las actitudes sociales que influyen en el crecimiento futuro.

El desarrollo económico, es en parte, el resultado de la misma estructura productiva. Por ejemplo, en un país como Japón, el crecimiento puede ser explicado por la acumulación de capital en un determinado periodo, mientras que en Estados Unidos de América (EUA), el crecimiento explicado por el progreso técnico, sin embargo, en algunos países subdesarrollados, como la India, la excesiva inversión en bienes de capital, puede frenar las posibilidades de crecimiento económico, en condiciones normales, el factor humano conduce a un crecimiento lento y firme, Arthur (1986).

El problema fundamental de la teoría del desarrollo es la optimización en el uso y distribución del producto social, resultado de la productividad del trabajo acompañado de una teoría macroeconómica de la producción. El campo de las posibilidades que ofrece la previsión económica, es limitado y se puede aplicar racionalizando al máximo la toma de decisiones.

En sus principios la teoría del desarrollo (mejor conocida, en ese entonces, como teoría del crecimiento), tuvo como objeto de estudio la dinámica de los países industrializados. Todos los economistas desde Marx hasta Hicks, consideraron que la explicación de los procesos económicos en los países más avanzados en la industrialización, sería suficiente para entender lo que ocurre en las economías de desarrollo retardado, Furtado (1974).

Sin embargo, las diferencias estructurales entre los países en desarrollo y los industrializados, demostraron la incapacidad de los métodos utilizados en la ciencia económica, que excluyen problemas de la dinámica social y en explicar los procesos económicos en los países subdesarrollados.

1.1.1 Crecimiento y desarrollo económicos en los clásicos

Adam Smith planteó la necesidad de la acumulación de capital y del ahorro, como condición para el crecimiento económico, además de que la continua declinación de la ganancia, conduciría a un estado estacionario, mientras que David Ricardo, analizó la distribución del ingreso, donde encontró que el aumento de los salarios no implica una disminución en las tasas de ganancia de los empresarios, sino, una acumulación de capital, también planteó la necesidad de importar productos agrícolas para disminuir el peso de los terratenientes en la sociedad.

El título de una de las obras más importantes de la literatura económica, "An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations", parece insinuar lo que llamamos el desarrollo económico y en ella Smith estudia los factores que influyen e impulsan el crecimiento económico. Comúnmente llamado "Padre de la Economía", Smith (1776), llegó a las siguientes conclusiones: que la división del trabajo aumenta su productividad, para que ocurra en cualquier escala, es necesario la acumulación de capital, la propensión a ahorrar es condición necesaria para el crecimiento económico y el proceso acumulativo de desarrollo tiene como límite la escasez de recursos naturales².

A pesar de la madurez de la economía, o sea, el incremento del capital y del trabajo, es muy difícil superar la restricción de los recursos naturales, la tasa de ganancias de capital disminuye, hasta que no existan los incentivos ni medios para la acumulación del capital, lo que conduce al estado estacionario.

Este estado, al que hacen referencia Ricardo y J. Stuart Mill, este último dice; que el progreso técnico puede retardar el estado estacionario, aunque no lo evita, ya que el descenso de las ganancias será cada vez mayor. El autor, estudió con mucho énfasis el estado estacionario, en una teoría del progreso económico, y

² Smith no percibió la significación de las relaciones del progreso técnico y la acumulación de capital en el desarrollo o progreso económico.

dejó a un lado el factor más importante en la función de producción: el avance tecnológico.

Si la división de trabajo aumenta la productividad, entonces los méritos no son del capital sino del trabajador, y la acumulación de capital sólo es una condición para la división del trabajo.

David Ricardo (1817) analizó la distribución de ingresos o repartición del producto social, se basa en el Principio de población de Malthus y en la ley de rendimientos decrecientes. Señala que la renta de la tierra tendería a crecer, a medida que se utilizaban tierras de menor calidad.³

Ricardo intentó demostrar que la tasa de ganancia es el motor del progreso económico y lo obstaculiza la elevación de la renta y el aumento de los salarios o el costo de mano de obra, lo que en determinado momento puede llevar al estado estacionario.

A raíz de sus investigaciones, Ricardo llega a dos conclusiones importantes: La primera consiste en el aumento de los salarios, que no implica la reducción en la tasa de ganancia de los empresarios, sino que presupone la acumulación de capital.

La segunda relacionada con los terratenientes, con la ley de rendimientos decrecientes de la tierra, tenderían a tener un mayor peso social el cual se podría reducir con la importación de productos agrícolas. En su análisis, Ricardo señala la importancia del progreso técnico en el incremento del producto neto, en el cual todas las clases resultan beneficiadas (capitalistas, terratenientes e incluso la obrera).

³ Parece insinuar que a medida que presión la demanda de la tierra por producir bienes agrícolas, provocará el aumento de la renta de la tierra.

Cabe destacar que Ricardo, parece contradecirse, en un primer momento señala que los salarios pueden afectar la tasa de ganancias, y después afirma que sí pueden elevarse juntos (salarios y ganancia).⁴

Por otra parte, es importante señalar que Marx, al dedicarse al análisis de los procesos económicos ya tenía una filosofía determinada, su objeto de estudio, era descubrir la ley que mueve al sistema capitalista⁵ y no el desarrollo del sistema económico.

Se destacó por sus postulados filosóficos para estudiar los fenómenos económicos, su modelo incluye la ley del valor o teoría del valor – trabajo, plusvalía, desarrollo de fuerzas productivas, la ley de la acumulación y el ejército de reserva; así como la tendencia a la baja de la tasa de ganancia.

El alemán llegó a la conclusión de que la evolución de la sociedad se debe en gran medida a contradicciones internas de los sistemas económicos y estas son su fuente de movimiento, o cambio, Marx (1867).

Según Marx, en cualquier organización social, las necesidades de las personas para sobrevivir son menores que el fruto del trabajo colectivo, existe un excedente del producto social que es apropiado en su totalidad por los terratenientes y capitalistas, oportunidad de la que carece la clase obrera.

Quizás uno de los aportes más importante de Marx a la teoría económica, es la teoría de la plusvalía y la demostración de la tendencia decreciente de la tasa de ganancia y su acertada idea de que los fenómenos sociales son el resultado de las contradicciones económicas del sistema.

⁴ Se debe a que en su análisis de la segunda conclusión sí toma en cuenta el progreso técnico.

⁵ La obra original de Carlos Marx en 1867, fue publicada al español por el Fondo de Cultura Económica en 1973.

1.1.2 El Crecimiento económico y la escuela keynesiana

En las décadas 1930–1940, destacados economistas del momento, estaban enfrascados en las explicaciones de las fluctuaciones características del sistema capitalista, especialmente después de la crisis de 1929 en Estados Unidos y sus repercusiones en la economía mundial. En ese momento, surge el planteamiento, que será conocido posteriormente como “El Keynesianismo”⁶, que aboga por un intervencionismo del Estado para regular la economía, después de observar que el liberalismo económico puro no conlleva al equilibrio óptimo.

Una de las ideas más importantes que introdujo Keynes (1936), es la demanda efectiva, que se comprende como la demanda realmente realizable, en vistas de que la oferta no necesariamente crea su propia demanda y como suponía la ley de Say, frente a una situación de superproducción, como la manifestada en la crisis de 1929, la solución es estimular el aumento de la demanda realizable de la población, aplicando políticas expansivas.

Cuando estudia la inversión, encuentra que los motivos del ahorro y de la inversión son distintos, por lo que: habrá desempleo, si en una economía, el impulso a invertir no es lo suficientemente fuerte como para absorber todo el ahorro que se obtiene.

El pensamiento keynesiano se clasificará en dos fases influidas respectivamente por la gran depresión y la gran prosperidad de posguerra. En la primera etapa, sus preocupaciones estaban orientadas a factores de tipo estructural que desembocaron en reformas sociales y la segunda etapa se concentró en dinamizar su modelo.

⁶ Es un tipo de pensamiento, visión, enfoques, en ciencia económica que siguen las ideas del economista J. M. Keynes.

Keynes⁷ contribuyó a un mejor entendimiento del desarrollo económico resaltando el papel del estado en ese proceso, introduciendo las políticas monetaria y fiscal y centrándose en la producción y el empleo.

El modelo de Harrod es un modelo keynesiano que abrió nuevas sendas en la ciencia económica cuando en 1939 publica su trabajo, donde subrayó la posibilidad del crecimiento sostenido y sus dificultades; en el modelo se destacan variables como la acumulación de capital, fuerza de trabajo, progreso técnico, y analiza las posibilidades de inestabilidad de la ruta de crecimiento.

En su trabajo, Harrod (1939) plantea y analiza un conjunto de cuestiones como la posibilidad de un crecimiento sostenido en un modelo con una razón capital-producto constante, C , así como, también la razón ahorro-producción constante, S . Una unidad de capital producirá $1/C$ unidades de ahorro neto (incremento del acervo de capital) de tal manera que la tasa de crecimiento de capital social igualará a S/C , y en virtud de que el producto es proporcional al capital esa será la tasa de crecimiento del producto también. Estas ideas son básicas en el estudio del crecimiento.

El economista trata de mostrar la irregularidad de la ruta de crecimiento sostenido, con un modelo en el que supone, que el nivel de ingreso de una comunidad es el determinante más importante de su oferta de ahorro. La tasa de incremento de su ingreso es la determinante en la demanda de ahorro. La demanda es igual a la oferta.

La inversión está determinada totalmente por el ahorro empleado, considera rendimientos constantes a escala. El modelo Harrod se puede expresar de la siguiente manera:

⁷ Keynes no solo contribuyó en la solución de la Gran Depresión, sino que también participó activamente en la creación de las instituciones económicas internacionales como Fondo Monetario Internacional y Banco Mundial.

$G_n = n$, donde G_n tasa de crecimiento natural; n tasa de crecimiento de la población. $G_w = s(1/c)$, G_w es tasa de crecimiento garantizada, s es ahorro y es dado, $c = K/Y$ es constante. Luego la condición para la existencia del pleno empleo es $G_w = G_n$ es la condición para la existencia del pleno empleo $G_n = G_w$ y Como $G_w = s/Y(1/[K/Y])$, y c es constante, Se tiene que $K/Y = \Delta K/\Delta Y$ Por el supuesto de proporciones fijas. Entonces $G_w = s/Y(1/[K/Y])$, $G_w = s/Y(1/[\Delta K/\Delta Y])$, Como $s = I$; $I = \Delta K$ entonces $G_w = \Delta K/Y * \Delta K/Y$ Por lo que $G_w = \Delta Y/Y$ Puesto que $n = n(\cdot)$; $S = S(\cdot)$; $\pi = \pi(\cdot)$.

Las variables que determinan s, n, π no coinciden, por lo tanto, no existe la razón para que $G_w = G_n$. El crecimiento es para ello esencialmente inestable. Éste modelo fue importante en la teoría del crecimiento y el desarrollo.

Otro importante economista keynesiano es, P. N. Roseinsten Rodan⁸, expone a la diferencia de las políticas selectivas que se esfuerzan en incrementar las tasas de crecimiento de determinados sectores que consideran claves. En el calor de la segunda guerra mundial surge la “theory of big push” o Teoría del gran impulso, que considera que el desarrollo requiere de fuertes planes de inversión a gran escala que incluye diferentes ramas de la producción y servicios. Un monto de inversión inicial es condición necesaria para el éxito de un plan de desarrollo.

El impulso inicial, la interdependencia entre los beneficios de los proyectos de inversión y la indivisibilidad del capital, las economías de escala en muchas líneas de producción, economías externas, externalidades, la relación incremento de la demanda de la industria con niveles de ingreso en toda la economía; son argumentos y conceptos, característicos de dicho pensamiento, Rodan (1943).

⁸ En plena Segunda Guerra Mundial, 1943, éste economista ya estaba ideando la reconstrucción de la posguerra y las vías de de industrialización de algunos países europeos.

Éste pensamiento contribuyó mucho ligando el desarrollo económico con las inversiones tal como se implementaron políticas para la reconstrucción y desarrollo económico de Europa Occidental después de la Segunda Guerra Mundial o después sucede con los países del sudeste asiático.⁹

1.1.3 La escuela neoclásica y el modelo de crecimiento

Los neoclásicos cambiaron la teoría valor – trabajo por la teoría de la utilidad marginal, que rige el pensamiento económico hasta nuestros días, la cual aportó nuevos instrumentos analíticos y reformuló una serie de nuevos conceptos, Samuelson (2002).¹⁰

Los neoclásicos ignoran el excedente de ingreso y argumentan que no existe tal si cada factor es remunerado en función de su productividad marginal y además, destacan la relación entre la distribución del ingreso con el comportamiento del ahorro e inversión.

Postulan una función de producción que admite cualquier combinación de factores, el ingreso de cada factor está en función de su productividad a partir de la posición de equilibrio, generalmente conocido o confundido como pleno empleo.

El capital crece más rápido que el trabajo, entonces el precio del capital tendería a bajar; habrá una proporción mayor de capital correspondiente a un trabajador, lo que supondrá una baja de la productividad marginal del capital.

La conclusión más general, es que cualquier nivel de oferta de trabajo, se encontrará empleo si se aceptan los salarios del mercado, determinado por su productividad marginal.¹¹

⁹ Ver la diferencia entre los conceptos de desarrollo y desarrollismo expuestos en: Arthur y Pennance (1986).

¹⁰ Paul Samuelson es economista norteamericano, Premio Nobel de Economía y un destacado neoclásico.

¹¹ Con la publicación de Solow (1956) se desarrolló el campo de la teoría del crecimiento económico, una de las ramas de mayor relevancia y dinamismo en la ciencia económica.

El aumento de productividad de trabajo se deriva de la acumulación de capital, y ésta a su vez depende de la tasa y nivel de ganancia y la tasa de interés, precio del dinero, precio de oferta de ahorro. La acumulación de capital, incrementa la participación de los salarios en el producto y la tasa de incremento de capital. Analizan la acumulación de capital solamente por el lado del ahorro, donde éste, depende de factores subjetivos como el sacrificio y las virtudes morales, más que las posibilidades económicas para hacerlo.

Ésta escuela de pensamiento, aportó elementos para entender el proceso de desarrollo; aunque Adam Smith ya había señalado que la acumulación de capital es necesaria para el desarrollo económico y el argumento de ahorro previo para la acumulación de capital, es importante pero no es el único factor en que se basa la acumulación de capital.

El pensamiento clásico constituye una base firme para el desarrollo a corto plazo aunque no así sus previsiones del progreso del capitalismo a largo plazo (teoría del estado estacionario). El pensamiento neoclásico está relacionado, con el uso óptimo de los recursos.

Al cambiar la teoría del valor por la teoría de la utilidad y productividad marginal, éste pensamiento, considera que todos los agentes económicos buscan maximizar su utilidad. El productor maximiza su función de producción, el consumidor su función de utilidad y la colectividad su bienestar.

La relación de la historia y el desarrollo para explicar los fenómenos es muy antigua, y sigue vigente; ejemplos claros: el hombre, nace, crece, se desarrolla y muere. En las ciencias biológicas, el método de análisis está ligado a la conocida teoría de la evolución de las especies, de Darwin; ésta explica la evolución de las especies desde los microorganismos hasta el hombre. Éste desarrollo se relaciona con determinadas condiciones históricas.

Uno de los máximos representantes del método histórico en la economía fue Carlos Marx, quien relaciona las formas de organización de la producción, o modo de producción con la evolución de dos elementos que son; las fuerzas productivas y las relaciones sociales de producción. Entre ellas existe una correspondencia, dado que cuando las fuerzas productivas se desarrollan más rápido que las relaciones sociales de producción, puede llegar a romperse esa correspondencia.

A lo largo de la historia, el hombre, se ha pasado de una fase a otra del desarrollo de la organización de la producción, de la comunidad primitiva al sistema esclavista, y de éste al sistema feudal, y del feudalismo al capitalismo. Cabe destacar que en la relación fuerzas productivas, las relaciones sociales de producción o también llamada base económica y superestructura, las primeras toman un papel activo en el desarrollo y las relaciones sociales de producción o superestructura toman un papel pasivo aunque tiene una influencia en la base económica o fuerzas productivas.

Hasta un poco antes de la mitad del Siglo pasado, los economistas no mostraron las diferencias, en lo que implica al desarrollo, entre países desarrollados y los llamados países en desarrollo. En la actualidad se ha reconocido que hay muchos fenómenos económicos que difieren entre los países denominados centro (industrializados, ricos, del primer mundo) y la periferia (subdesarrollados, pobres, tercer mundo, con desarrollo tardío).

Las diferencias de estructuras de producción, y de comercio entre el centro y la periferia implica analizar esas desigualdades, la búsqueda de las causas de la pobreza de unos y la riqueza de otros.

Entre las explicaciones que se dan del desarrollo económico relacionado con la historia o por fases se destacan autores, como Raúl Prebisch y W. W. Rostow, como “las cinco etapas del crecimiento”.

Rostow¹² afirma que existen cinco fases del crecimiento económico que son: la sociedad tradicional, las condiciones previas al despegue, el despegue, la marcha hacia la madurez y la etapa del alto consumo y define cada una de ellas como sigue:

La primera fase, se le denomina “La sociedad tradicional”: se caracteriza por una tecnología atrasada que mantiene bajo el nivel de renta per cápita, la estructura social es jerárquica y su capacidad para producir, como decía Rostow, se basan en condiciones de ciencia, tecnología y actitudes prenewtonianas hacia el mundo físico.

La segunda fase llamada “Condiciones previas para el despegue”: es una fase de transición en que ocurren transformaciones no económicas y económicas de importancia, surgen elites comprometidos con la modernización económica, y para ello están dispuestos a asumir riesgos de la innovación, esta etapa implica el incremento de la tasa de acumulación de capital, incrementar la calidad y la cantidad o modo y ritmo de innovación, inversión en capital humano, y crear infraestructura como el transporte y otros.

La tercera fase es “El despegue”: en esta etapa el crecimiento se convierte en constante, normal y se institucionaliza. Además ocurren cambios, como la tasa de inversión neta aumenta de un 5% a un 10% del ingreso nacional, surgen industrias de acelerada expansión, y una forma de estructura política, social, institucional que es favorable al crecimiento sostenido. Esta etapa dura 20 años y la siguiente 40 años según experiencia histórica de E. U. A. y otros países.

¹² Rostow es uno de los nombres más conocidos en la teoría del desarrollo, introdujo categorías que hoy son populares, como el crecimiento autosostenido, el despegue, y otros. Utilizó el método histórico para analizar el desarrollo económico

La cuarta etapa es “la marcha hacia la madurez”: en esta fase, la tecnología se extiende por todos los sectores importantes de la economía, partiendo de los sectores líderes en la etapa anterior o despegue.

La quinta y última etapa es “la era del alto consumo masivo”: en esta etapa, hay altos niveles de ingreso que implican un cambio en la composición del consumo de la fuerza laboral, es decir, las necesidades están satisfechas, como alimentos básicos, vivienda, etc., y se demandan otros bienes y servicios como autos, viajes, etc. La economía destina partes considerables del excedente de la renta a la seguridad social y el bienestar de la sociedad.

Otro analista neoclásico del crecimiento y el desarrollo es, Knut Wicksell, que intentó explicar el movimiento general de precios y a través de la demanda de capital, y encontró que la tasa de interés de mercado está determinada por el sistema bancario, que controla la oferta de capitales al emitir moneda secundaria, y que el sector dinámico era la demanda de capitales.

Por otro lado enuncia que la tasa de interés de mercado es inferior a la tasa de interés natural, lo que implica que los empresarios esperan que sus ingresos se incrementaran más que sus costos, por lo que se intensificarán los negocios, habrá competencia por los factores de producción y los precios tenderán a elevarse.¹³

El pensamiento de Wicksell (1934) contribuyó al entendimiento del desarrollo económico y que éste está ligado en parte al desarrollo financiero. A

¹³ Uno de los primeros en señalar la dinámica de los precios fue David Hume y que también aportó el mecanismo flujo precio especie tan conocido en la teoría del comercio internacional.

diferencia de idem Wicksell, Joseph A. Schumpeter¹⁴ que argumenta de la demanda de capitales dinamiza la economía, Schumpeter (1954) encuentra las acciones del empresario como motor del progreso económico, y ésta se manifiesta en la introducción del avance técnico en el proceso de producción.

El aporte de Schumpeter no fue explicar el desarrollo económico sino introducir la dinámica del progreso técnico como factor dinámico de la economía capitalista; no considera el desarrollo económico como simple crecimiento de la economía, sino que es discontinuo y ocurre a saltos.

Los modelos de crecimiento económico están basados en un modelo macroeconómico de producción. La teoría clásica considera que existen dos factores fundamentales, capital y trabajo, en la producción de cualquier bien. Generalizando esta relación para toda la economía se puede señalar, que en la producción nacional se utiliza toda la fuerza laboral y el capital disponible.

Estos modelos definen la siguiente función de producción para toda la economía:

$$Y_t = F(K_t, L_t) \quad (1.1)$$

En el modelo el único factor acumulable es el capital y su acumulación está determinada por la siguiente relación:

$$\dot{K} = s F(K_t, L_t) - \delta K_t \quad (1.2)$$

donde $\dot{K} = dK / dt$ es la derivada del capital con respecto al tiempo, s es la parte de la renta que es ahorrada y δ es la tasa de depreciación que se supone constante. Esta ecuación nos indica que la inversión bruta (suma de la inversión

¹⁴ Schumpeter es uno de los primeros economistas que analiza el papel de la innovación para dinamizar las economías, en el siguiente capítulo revisaremos algunos de sus aportes a la teoría de la innovación.

neta \dot{K} y la depreciación) debe ser igual al ahorro bruto.¹⁵ La tasa de ahorro s se supone determinada fuera del modelo, es decir es exógena.

La función de producción toma la forma particular de una función tipo Cobb-Douglas:

$$Y_t = AK_t^\beta L_t^\alpha \quad (1.3)$$

donde Y_t es la producción agregada, A es el nivel de la tecnología, K_t es el stock de capital y L_t es la fuerza de trabajo. Los superíndices indican las participaciones de cada uno de los factores en la producción.

El parámetro tecnológico A recoge todas las variables que puedan afectar el nivel del producto como las distorsiones introducidas por la actividad del Estado, el sistema de protección de los derechos de propiedad, la eficiencia de las instituciones y otros elementos.

Una vez especificada esta función, el aumento de capital se puede escribir como

$$\dot{K} = s AK_t^\beta L_t^\alpha - \delta K_t \quad (1.4)$$

Si queremos expresar esta ecuación en términos de capital por trabajador definimos k minúscula como K/L y suponemos que la población crece a una tasa exógena $n = \dot{L}/L$.

Derivando k_t respecto al tiempo podemos reescribir la ecuación (1.4) como:

$$\dot{k} = s A k_t^\beta L_t^{\alpha+\beta-1} - (\delta + n) k_t \quad (1.5)$$

¹⁵ En una economía abierta la diferencia entre el ahorro y la inversión es igual al saldo de la balanza por cuenta corriente.

Según esta última ecuación podemos definir la tasa de crecimiento del capital por trabajador como $\dot{k} / k = \gamma_k$. (1.5a)

Un concepto fundamental en este tipo de modelos es el estado estacionario, que se define como la situación en la que todas las variables crecen a una tasa constante. A partir de la definición de la tasa de crecimiento del capital y de la ecuación (1.5) podemos escribir:

$$[\gamma_k + \delta + n] / sA = k^{\beta-1} L^{\alpha+\beta-1} \quad (1.5b)$$

Donde todas las variables del primer miembro son constantes. Tomando logaritmos y derivando respecto al tiempo obtenemos la siguiente relación:

$$0 = (\beta - 1) \gamma_k + n (\alpha + \beta - 1) \quad (1.6)$$

Esta ecuación es fundamental en nuestra definición del concepto del estado estacionario. En los modelos neoclásicos la producción presenta rendimientos constantes de escala y rendimientos positivos decrecientes de los factores. Este hecho implica que $\alpha + \beta = 1$ y $0 < \beta < 1$, por lo que el segundo término de (1.6) desaparece y la ecuación se reduce a:

$$0 = (\beta - 1) \gamma_k \quad (1.7)$$

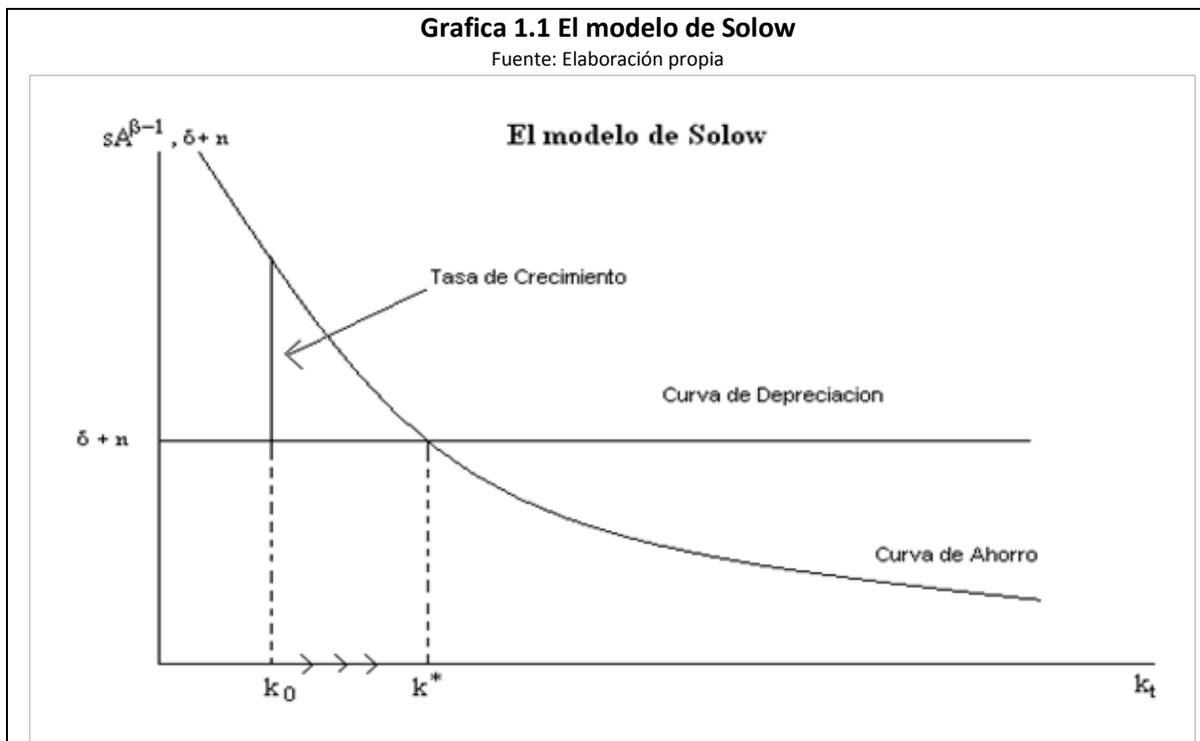
La ecuación (1.7) y el supuesto de rendimientos decrecientes de los factores, $0 < \beta < 1$ implica que la única tasa de crecimiento sostenible es $\gamma_k = 0$.

Para representar este análisis gráficamente podemos reescribir la ecuación (1.5b) como:

$$\gamma_k = \dot{k} / k = s A k^{-(1-\beta)} - (\delta + n) \quad (1.8)$$

La última ecuación indica que la tasa de crecimiento del capital está dada por la diferencia entre dos elementos: el ahorro y la depreciación. La depreciación del capital queda representada por δ que es la tasa de depreciación física del capital y por n que es el crecimiento de la población. La depreciación es constante mientras que el ahorro es decreciente dado que $\beta < 1$, entonces es posible graficar ambas funciones de la siguiente manera:

En la grafica 1.1, podemos observar que al partir de situaciones iniciales con un nivel de capital menor al del estado estacionario se observarán altas tasas de crecimiento. Por el contrario, niveles de capital cercanos al estado estacionario presentarán menores tasas de crecimiento.



Cuando la curva de ahorro es mayor que la curva de depreciación, el capital acumulado promueve el crecimiento, y debido a la productividad marginal

decreciente de los factores, este crecimiento será cada vez menor hasta llegar al estado estacionario donde la tasa de crecimiento es cero de acuerdo a los resultados expuestos anteriormente.

En el estado estacionario, la acumulación de capital únicamente alcanzará para cubrir la depreciación:

$$\delta + n = s Ak^{\beta-1} \quad (1.9)$$

De esta ecuación podemos se despeja el nivel de capital del estado estacionario:

$$k^* = \left(\frac{sA}{\delta + n} \right)^{1/1-\beta} \quad (1.10)$$

Esta expresión del nivel de capital del estado estacionario nos permite observar que todas las variables que lo determinan son exógenas. Si por ejemplo alguna política pública promueve el ahorro, s aumenta, y *ceteris paribus*, el nivel del capital del estado estacionario será mayor. Analizando gráficamente este efecto, la curva de ahorro se desplaza a la derecha mientras que la curva de depreciación no se modifica.

El efecto sobre la tasa de crecimiento es un aumento inmediato, sin embargo, la tasa va disminuyendo con el transcurso del tiempo hasta llegar a un nuevo estado estacionario donde será nuevamente cero con un stock de capital mayor al inicial.

En los modelos neoclásicos la tasa de crecimiento de la productividad, A , es exógena e igual a x . Si la tecnología aumenta constantemente a esta tasa, la curva de ahorro se desplaza constantemente a la derecha y el stock de capital del estado estacionario también se desplaza a la derecha a la misma tasa x . Esta

dinámica explica el crecimiento sostenido de los países industrializados en largos períodos de tiempo.

El modelo desarrollado constituye la piedra fundamental sobre la que empezaron a construirse los modelos de crecimiento hasta llegar a nuestros días. Los supuestos se han modificado y se han introducido nuevas variables, pero la contribución de este tipo de modelos al estudio del crecimiento resulta muy importante.

1.2 Teoría moderna del crecimiento económico

Los modelos de crecimiento exógenos (vistos anteriormente), suponen que el progreso técnico viene dado o determinado fuera del sistema, no explican cómo se determina este importante factor de producción, el progreso técnico, de ahí que son conocidos como modelos de crecimiento exógeno.

Sin embargo coinciden que el progreso técnico es un factor de la producción muy relevante, que impulsa el crecimiento de las economías. A diferencia de los modelos exógenos, los modelos endógenos si consideran y explican el progreso técnico desde el interior del sistema económico y por ende, la explicación del progreso técnico se incluye en el interior de sus modelos. Por tanto los modelos endógenos no suponen el progreso técnico como dato externo y coinciden con los modelos exógenos como “Solow-Zwan” en que el progreso técnico es el principal locomotor de la economía.

Los modelos endógenos que aquí, en este trabajo, les denominamos “Teoría Moderna del Crecimiento Económico”, nacen con el artículo publicado por Romer (1986), que abre nuevas sendas en la teoría del crecimiento económico y pone al crecimiento económico como campo interesante y activo en la ciencia económica.

Los modelos de crecimiento endógeno consideran que los agentes económicos causan en parte al factor impulsor de crecimiento económico, el progreso técnico. Estos modelos siguen con la tradición de la economía normativa y algunos de estos modelos, suponen mercado de competencia perfecta, otros modelos schumpeterianos suponen mercados en competencia imperfecta.

En general, los modelos endógenos le dan especial importancia a la explicación del progreso técnico desde el interior del sistema y de sus modelos. Esta explicación del factor más importante para el crecimiento de la producción, el progreso técnico, está ligada a distintas variables según el modelo de que se trate, consecuentemente está ligado al nivel de conocimiento en Romer (86), está relacionado con el capital humano en Lucas (88) y con la innovación en los modelos schumpeterianos como Aghion y Howitt (92,98, 2008).

En la teoría del crecimiento económico se tiene otra parte que son denominados Modelos de Crecimiento Evolutivos donde destacan: Nelson y Winter (1982); Chiaramonte y Dosi (1993), Metcalfe (2000), entre otros, que presentan a continuación.

1.2.1 Modelos evolutivos del crecimiento económico

Adam Smith, Joseph Schumpeter, Frederick von Hayek son algunos de los economistas considerados como antecesores de los modelos evolutivos de crecimiento. Estos modelos tratan de entender y explicar el cambio económico a

partir de sistemas complejos que evolucionan en el tiempo, de ahí que, se les denomina, modelos de crecimiento evolutivos.

Los modelos de crecimiento evolutivo tratan de ser una alternativa a la visión neoclásica e intentan considerarse un enfoque diferente para explicar los fenómenos económicos desde una visión compleja, dinámica e introduciendo avances de la biología a la ciencia económica, como “teoría de la selección natural”.

La idea de la selección natural, según los evolucionistas, opera en los mercados, y ayuda a que estos sean más competitivos y desarrollados, por ejemplo, los mercados tienden a sacar las empresas menos rentables y a premiar las más innovadoras con mayores beneficios.

Esta escuela de pensamiento relaciona la evolución con el cambio progresivo y los procesos a largo plazo. Entre los autores que destacan en este enfoque, cabe mencionar Nelson y Winter, que mediante su esfuerzo e investigaciones inicio esta visión del crecimiento evolutivo, dinámico y complejo. Entre otros trabajos destacan en este tipo de pensamiento, las investigaciones Franchesca Chiaramonte y Giovanni Dosi, que veremos más adelante.

El pensamiento evolutivo define el crecimiento económico como un proceso de cambio de la producción que estará relacionado con la evolución de las productividades asociadas a diferentes tecnologías, también estará asociado al proceso de modificación de la estructura intra e intersectorial mediante los mecanismos de selección de mercado.

Los evolutivos también relacionan el crecimiento económico con el progreso técnico, que a su vez lo asocian con la productividad del trabajo como consecuencia de la posibilidad de adquirir nuevos conocimientos por cada una de

las empresas. También suponen evolución en el tiempo, de la participación de la fuerza laboral en la economía, y que se emplea plenamente.

El conocimiento es un factor muy relevante para el progreso técnico y para el crecimiento económico. Considera al conocimiento como bien público y que tiene un efecto “spillover” o desbordamiento en toda la economía produciendo un impacto positivo en la eficacia de las empresas, en las instituciones y en el marco institucional, en la estructura de valores de la sociedad.

Señalan a la empresa como el agente económico responsable del progreso técnico y por tanto del crecimiento económico, a través de las decisiones que toman en relación al stock de producción, los stocks de inventarios de periodos anteriores y la demanda proyectada para sus bienes en el mercado. Según las investigaciones de Chiaramonte y Dosi (1993).

Los modelos evolutivos suponen mercados de competencia imperfecta, es decir la existencia de monopolios en ciertos sectores de la economía, la situación de desequilibrios en la interacción entre agentes (en cuestiones de cuota de mercado, eficacia y tasas de beneficio). También consideran que todas las empresas tienen las habilidades de imitar, conocer e innovar.

Consideran la existencia de dos niveles económicos, el nivel microeconómico y el nivel macroeconómico, entre los que se producen efectos en ambos sentidos, es decir, el nivel macro influye al micro y a su vez el nivel micro afecta al macro.

De esta forma existen los efectos de retroalimentación que no permiten analizar el sistema únicamente desde el punto de vista micro o macroeconómico. Esta influencia y retroalimentación entre los niveles micro y macro permite que los diferencia con los demás tipos de enfoques económicos, está justificada por la

imposibilidad de analizar el sistema económico sin considerar explícitamente la interacción entre el nivel macroeconómico y el microeconómico a través del mencionado efecto de retroalimentación.

El efecto de retroalimentación está ligado a la distinción de niveles, mientras si se elimina el supuesto de retroalimentación la externalidad se convierte en exogeneidad.

Entre los economistas que sustentan este tipo de pensamiento destaca el trabajo de Nelson y Winter (1982), publican un artículo cuyo propósito es construir un modelo que permita e incluya la posibilidad de generar, diversidad de conducta a nivel empresarial y, que sea capaz de generar trayectorias temporales de ciertas variables agregadas que sean consistentes con la experiencia histórica, su objetivo es estudiar el impacto de determinadas variables definidas a nivel microeconómico en las trayectorias temporales de los agregados macroeconómicos.

En el modelo propuesto se estudia la conducta de las empresas, que fabrican, el mismo bien homogéneo, considera la incertidumbre y la expresan en función de los procesos de búsqueda por parte de las empresas de su mejora tecnológica (que incluye la introducción de nuevas técnicas e imitación de las ya existentes).

Suponen además de manera explícita procesos aleatorios de depreciación y probabilidad de entrada de nuevos competidores en el mercado. Las empresas compiten por la cuota de mercado y pueden imitar las técnicas utilizadas por otras empresas. Nelson y Winter llegan a la siguiente conclusión: de que, el cambio hacia el uso de técnicas productivas más eficientes es el determinante principal del crecimiento.

Otra destacada investigación en esta línea de pensamiento publicada por Chiaramonte y Dosi (1993), en la cual plantean las posibles regularidades en la dinámica de las variables agregadas (tales como el crecimiento de la ingreso y de la productividad) son prioridades de un sistema que se organiza fuera del equilibrio. En dicho proceso destacan las conductas de empresas innovadoras e imitadoras en un proceso de selección del mercado

Las empresas tienden a competir a través de sus logros tecnológicos, en el sentido schumpeteriano, de un mercado competitivo, dicha competencia es clave en la determinación de la demanda, los precios y los cambios en los niveles de las variables macroeconómicas.

En el modelo se consideran dos sectores distintos, en un sector se encuentran las empresas innovadoras produciendo máquinas más eficientes y buscando técnicas de producción más eficientes para producirlas. En el otro sector, las empresas innovan adoptando y aprendiendo a utilizar las máquinas producidas en el sector 1, para producir un bien final.

Definen a la innovación no es sólo como un proceso de adquisición de información acerca de nuevas técnicas o productos, sino que también como una manera de conocimiento preexistente, para la resolución de problemas específico de los agentes. La innovación aumenta este conocimiento tanto para los agentes individuales como para grupos de los mismos, la elección de una determinada máquina depende negativamente de su precio y positivamente de la productividad del trabajo asociada a su uso.

Las estructuras de mercado parecen ser endógenas aunque guardan una relación doble con la innovación. En primer lugar, la dinámica de las estructuras depende del diferente grado de éxito de los agentes en la innovación, mientras que, por otro lado, afecta al acceso de los productores individuales a las oportunidades de innovación.

Derivado de lo previamente expuesto, el crecimiento económico se concibe como aumento de la producción (en términos de contabilidad nacional agregada) depende de un gran número de factores y, lo que es muy significativo, de las relaciones entre estos factores.

Entre los factores que son determinantes del crecimiento por encima de todo, según estos autores, es la expansión del conjunto de oportunidades nacionales de innovación y la inversión dedicada a la investigación y desarrollo (I+D) en un sentido amplio, entendida como innovación e imitación.

La innovación y la imitación están relacionadas también con el crecimiento de la productividad de los trabajadores gracias a la acumulación y actualización de “máquinas” (capital), que provoca la mejora de la competitividad de las empresas y mayor posicionamiento de cuotas de mercado.

Según Chiaramonte y Dosi, su modelo, explica crecimiento endógeno con fluctuaciones periódicas, fases de desarrollo junto a fases de crisis y discontinuidades, formas de mercado distintas de la competencia imperfecta.

1.2.2 Modelo de rendimientos crecientes

En los siguientes apartados analizaremos los modelos de Paul Romer y de Robert Lucas, que son clásicos de la nueva de teoría del crecimiento endógeno, que

surgió con los trabajos de estos economistas norteamericanos, en la década de los ochentas, del siglo XX.

Pero antes, exponemos aspectos generales de dichos modelos, como definen el crecimiento económico y posteriormente exponemos las formalidades de los mismos. Como comentamos anteriormente los modelos endógenos neoclásicos coinciden con el modelo neoclásico del crecimiento, en que el progreso técnico es factor de mayor relevancia para impulsar el crecimiento de la economía, con la diferencia en que estos últimos, explican cómo se da el progreso técnico y que no es dado desde el exterior, sino que es producto al menos en parte por los esfuerzos de los agentes económicos.

Algunos de los autores relacionan el progreso técnico con el stock de conocimientos de la economía, otros con capital humano, otros con la innovación. Por lo que el crecimiento económico está vinculado con los niveles de conocimientos que tienen los agentes en una economía, con el capital humano presente en la economía y con los procesos que rodean la innovación en la misma.

Los modelos neoclásicos de crecimiento endógeno definen el crecimiento económico generalmente como el aumento de ingreso o producto per cápita, y el ingreso disponible lo podemos utilizar para el consumo de bienes y servicios o para la inversión, que potenciara el ingreso futuro.

Generalmente se utiliza una función microeconómica de producción, para explicar la formación del producto, y mediante el cual relacionan la cantidad del producto final (outputs) con el número insumos utilizados (inputs). Los inputs o factores de producción considerados pueden ser capital físico, trabajo, conocimiento y capital humano, cuando hablamos de capital físico nos referimos a los bienes intermedios que son utilizados para la producción de bienes y servicios,

estos insumos o determinantes de la producción son importantes a la hora de explicar el crecimiento económico.

El trabajo se refiere al esfuerzo o desgaste físico y el tiempo que dedican los trabajadores a la producción, que generalmente se liga con el tamaño de población, que crece a una tasa exógena, dada, n , también consideran que la economía siempre está en pleno empleo.

Los conocimientos o ideas es un insumo relevante en los modelos endógenos, que incluye educación formal e informal. El capital humano es otro input de suma importancia y es también ligado a la idea que introdujo Arrow conocida como "learning by doing" o aprendizaje en la práctica.

El trabajo pionero en la teoría del crecimiento económico endógeno es el artículo del crecimiento a largo plazo y rendimientos crecientes publicado por Romer (1986), el modelo de crecimiento se caracteriza por la inclusión del conocimiento como factor de producción, lo cual provoca productividad marginal creciente; éste modelo presenta un equilibrio competitivo con cambio tecnológico endógeno, en contraste con los modelos basados en rendimientos decrecientes. Romer encuentra que se pueden elevar las tasas de crecimiento económico en el tiempo, también que las economías grandes quizás crezcan siempre más rápido que las economías pequeñas.

Los modelos de crecimiento agregado analizados por Ramsey (1928), Cass (1965) y Koopmans (1965) están ligados a la intuición que la mayoría de los economistas tienen sobre el crecimiento económico a largo plazo, las tasas de retorno de la inversión y las tasas de crecimiento del producto per cápita son expectativas de la función decreciente del nivel de capital per cápita. En el tiempo, las tasas de salarios, la relación capital-trabajador, son diferentes en las distintas economías que tiene implicaciones sobre la convergencia, consecuentemente, las

condiciones iniciales distorsionan el resultado hoy, pero no tienen efectos a largo plazo en los niveles de consumo y de producto.

El modelo propuesto por Romer ofrece una visión alternativa sobre crecimiento económico a largo plazo, con equilibrio competitivo, aumento del producto per capita y la posibilidad de tasas monótonamente crecientes en el tiempo como consecuencia del cambio tecnológico endógeno y la acumulación del conocimiento.

A continuación presentaremos aspectos relevantes del modelo de rendimientos crecientes, se considera la tecnología de la empresa i en términos de una función de producción diferenciable y continua, F , que a su vez depende las entradas específicas de cada firma, k_i , x_i y el nivel agregado de conocimientos de una economía; si N es el número de empresas, entonces el nivel agregado de conocimientos se define como:

$$K = \sum_{i=1}^N k_i \quad (1.11)$$

Primero asumimos que la función de producción ¹⁶ está dada por, $F(k_i, K, x_i)$, esto es, para cualquier valor de K , F es cóncava en k_i , x_i , se asume que F es homogénea de grado uno, con el supuesto de homogeneidad de F en k_i , x_i , se asume que F aumenta con el nivel de conocimiento agregado, K , sigue a F exhibiendo rendimientos crecientes a escala, para cualquier $\Psi > 1$,

$$F(\Psi k_i, \Psi K, \Psi x_i) > F(\Psi k_i, K, \Psi x_i) = \Psi F(k_i, K, x_i) \quad (1.12)$$

¹⁶ K indica el nivel de conocimiento y x_i otros factores de producción.

El segundo mayor supuesto es que F exhibe la productividad marginal creciente del conocimiento a nivel agregado¹⁷, entonces para cualquier x , se asume $F(k, Nk, x)$, es la producción por firma, es convexa en k , no es cóncava, con ello se supone rendimientos decrecientes y distingue la función de producción utilizada en el modelo de Arrow (1962).

Para la simplificación se supone que el número de empresas N es igual al número de consumidores S , el valor per cápita de las firmas coincide, \bar{x} es el percapita por firma, \bar{e} es la producción de bienes per cápita en el periodo 1, Ahora bien, se considera el problema de maximización de una familia sujeta a restricción por K :

$$\left\{ \begin{array}{l} P(K): \max \quad U(c_1, c_2) \\ \quad k \in (0, \bar{e}) \\ \text{sujeto a } c_1 \leq \bar{e} - k \\ \quad c_2 \leq F(k, K, x) \\ \quad x \leq \bar{x} \end{array} \right. \quad (1.13)$$

Donde U es estrictamente cóncava y $F(k, K, x)$ es cóncava en k y x para cada valor de K , $P(K)$ tendrá una única solución k por cada valor K , la solución trivial de x es \bar{x} , en general las implicaciones para los valores c_1 , c_2 y k no tienen significado económico. El equilibrio requiere que el nivel de conocimiento agregado en la economía sea consistente con el nivel asumido en cada firma cuando toma las decisiones sobre producción.

Explícitamente Romer no considera los procesos de innovación, no tiene en cuenta ningún tipo de innovación; los rendimientos crecientes a escala de la

¹⁷ Derivado de la función anterior, la producción dependerá entonces, del nivel de conocimiento de cada empresa, el nivel de conocimiento agregado de la economía, que es una externalidad para las empresas, y está en relación con los demás factores como trabajo y capital físico.

producción resultan de un aumento del nivel de conocimiento, no se producen innovaciones en el bien, estas pueden ser interpretadas como mejoras en el conocimiento, lo que permite producir mayor cantidad del bien a igualdad del resto de los factores.

El modelo desarrollado por Romer toma dos direcciones por una parte el análisis teórico de los modelos con acumulación endógena de capital físico y no acumulación de conocimiento¹⁸, por otra parte, su aporte al incluir una variable muy relevante para la producción, como insumo, los conocimientos. La inclusión del conocimiento como factor de producción tiene implicaciones en modelos, ya que permite la productividad marginal decreciente del capital físico y productividad marginal creciente de los conocimientos.

1.2.3 Modelo de capital humano

Lucas (1988) supone que existen N trabajadores en total con nivel un h de conocimientos que parte de cero a infinito, entonces $N(h)$ son trabajadores con el nivel de conocimiento h , por tanto $N = \int_0^{\infty} N(h)dh$. Supone que los trabajadores con conocimiento h dedican una fracción de su tiempo a la producción del bien y otra $1 - u(h)$ para la acumulación de capital humano, por lo tanto el trabajo efectivo dedicado a la producción en suma es:

$$N^e = \int_0^{\infty} u(h)N(h)h dh \quad (1.24)$$

¹⁸ Modelos exógenos que se revisaron en secciones anteriores en este trabajo.

La función de producción es $F(K, N^e)$, donde K es capital agregado y N^e trabajo efectivo, el salario por trabajador con conocimiento h es $F_N(K, N^e)h$ y su total es: $F_N(K, N^e)hu(h)$.

Adicionalmente los efectos individuales de capital humano en su productividad¹⁹, es el nivel medio de conocimiento o capital humano y está definido como:

$$h_a = \frac{\int_0^{\infty} hN(h)dh}{\int_0^{\infty} N(h)dh} \quad (1.25)$$

Donde h_a son los efectos externos o externalidades, para simplificar el análisis considera que todos los trabajadores son idénticos, en este caso si los trabajadores tienen el nivel de conocimiento h y todos eligen el tiempo u , $N^e = uhN$ es la fuerza de trabajo efectiva, h_a es el nivel de conocimiento promedio. La tecnología para la producción de bienes esta dada por:

$$N_{(t)}C_{(t)} + \dot{K}_{(t)} = AK_{(t)}^{\beta} [u_{(t)}h_{(t)}N_{(t)}]^{1-\beta} h_{a(t)}^{\gamma} \quad (1.26)$$

Donde $h_{a(t)}^{\gamma}$ captura las externalidades de capital humano, ahora el nivel de tecnología es A y se asume constante, $1 - u(h)$ es dedicado a la acumulación de capital humano y esta ligado a la tasa de cambio en el nivel, $\dot{h}_{(t)}$. Supone que la tecnología está relacionada con el crecimiento de capital humano, $\dot{h}_{(t)}$, que está dado por:

$$\dot{h}_{(t)} = h_{(t)}^{\zeta} G (1 - u_{(t)}) \quad (1.27)$$

¹⁹ Lo que lucas denomina efectos internos de capital humano, para posteriormente considerar los efectos externos de capital humano o sus externalidades.

Donde G es crecimiento, con $G_{(0)} = 0$ si tomamos $\zeta < 1$ habrán rendimientos decrecientes en la acumulación de capital humano, es fácil ver que no podrá crecer el capital humano y la alternativa es el crecimiento en términos de tecnología $A_{(t)}$. Ahora si $u_{(t)} \geq 0$ en ecuación 4 implica que:

$$\frac{\dot{h}_{(t)}}{h_{(t)}} = h_{(t)}^{\zeta-1} G(1) \quad (1.28)$$

Por lo tanto $\dot{h}_{(t)}/h_{(t)}$ debe eventualmente tender a cero, $h_{(t)}$ no crecer, éste planteamiento intenta simplificar el modelo de Solow sin ofrecer genuinamente nuevas posibilidades. Lucas supone G una función lineal basándose en los modelos de Uzawa (1965) y Rosen (1976):

$$\dot{h}_{(t)} = h_{(t)}\delta(1 - u_{(t)}) \quad (1.29)$$

De acuerdo a la ecuación (6) si $u_{(t)} = 1$ no habrá acumulación de capital humano, si $u_{(t)} = 0$, entonces $h_{(t)}$ crece a la tasa máxima δ , entre estos extremos no habrá rendimientos decrecientes en el nivel de $h_{(t)}$.

En su trabajo, Lucas pone especial énfasis en el capital humano como factor preponderante detrás del crecimiento de los países. Supone dos factores de producción, capital humano y capital físico. Ambos factores se pueden acumular y se asumen rendimientos constantes en la función de producción, lo que genera crecimiento endógeno.

El modelo tiene dos sectores y presenta una función de producción de capital humano, la que presenta rendimientos constantes en el nivel de capital humano. Entonces, El sector de capital humano es el sector impulsa el crecimiento económico y genera crecimiento ilimitado. El concepto de capital

humano es amplio e incluye la educación formal y “learning by doing” o aprendizaje en la práctica que fue introducido en la teoría del crecimiento económico por Arrow.

Podemos concluir señalando que en el modelo de Lucas, la determinante principal del crecimiento económico al largo plazo, es el progreso técnico interpretado como capital humano, Lucas no trata de forma explícita los procesos de innovación. Tanto Lucas como Romer han mostrado que la mecánica del crecimiento económico se da en el sector de capital humano y que el aprendizaje formal o en la práctica garantiza el crecimiento económico en largo plazo.

El presente trabajo se basa en la idea general de los modelos crecimiento endógeno expuestos anteriormente, intenta explicar no solo el crecimiento de las economías sino también la dinámica del progreso técnico, pero a diferencia de Romer y Lucas, en éste documento, el motor del crecimiento (el progreso técnico) está ligado a los procesos de innovación tecnológica.

Capítulo II. Teoría de la innovación tecnológica

Este capítulo lo estudiaremos en dos epígrafes, el primero lo dedicaremos a la revisión del pensamiento económico ligado a la innovación y sus procesos, también estudiaremos los conceptos relacionados con la innovación, los sistemas de innovación, los procesos de innovación y otros.

En el segundo epígrafe del capítulo se analizarán las determinantes de la innovación tecnológica como la inversión investigación y desarrollo, las patentes, el capital humano dedicado a la investigación. En otra parte estudiaremos la expansión de la cantidad de productos y la mejora en la calidad de los bienes. Finalmente analizaremos la interrelación de la innovación, difusión del conocimiento y crecimiento económico.

En los últimos siglos y en especial en las últimas décadas el nivel de vida del hombre ha mejorado significativamente gracias a los nuevos productos y procesos que invaden prácticamente todas las actividades humanas. El bienestar de la mayoría de la población ha crecido enormemente como consecuencia de la ampliación de los conocimientos y la introducción de los avances tecnológicos en todas las ramas de la economía.

2.1 Procesos de innovación tecnológica en el pensamiento económico

La preocupación del hombre por mejorar los niveles de bienestar, la producción de ideas, conocimientos, información, son elementos que impulsan la innovación tecnológica. Revisaremos los conceptos ligados a la innovación como tecnología, técnica, cambio técnico y tecnológico, que son fundamentales para entender la importancia de la innovación en el mundo actual. Lo anterior nos permite, identificar las actividades que intervienen en el proceso de innovación y los medios más adecuados para estimular cada uno de ellos.

Por otro lado, también facilita la comunicación y el trabajo conjunto de los diferentes agentes sociales. El objetivo del capítulo es explorar el entorno de la innovación tecnológica, las actividades de la ciencia y tecnología, los sistemas de innovación, las particularidades de los procesos de innovación tecnológica y las principales fuentes de innovación tecnológica como investigación y desarrollo.

2.1.1 Teoría de la innovación

A continuación se revisan las relaciones de la innovación con la economía para mejorar nuestra comprensión del papel que tiene la innovación desde el punto de vista económico y social. Los avances en Astronomía y Geometría, contribuyeron a los grandes descubrimientos geográficos, otra importante innovación tecnológica muy importante antes de la Revolución Industrial, fue la imprenta que contribuyó a la difusión acelerada del conocimiento.

El invento de la máquina de vapor en el siglo XIX ha sido un gran logro para la humanidad y un punto de partida del progreso técnico y tecnológico acelerado, que es el cimiento en que se apoya la innovación. El desarrollo de la ingeniería mecánica en el sector militar hizo posible una cierta producción en masa y también la revolución industrial. El descubrimiento de la electricidad en el siglo XVIII, los generadores eléctricos, la turbina, la iluminación eléctrica contribuyeron a mejorar notablemente los niveles de bienestar de la población y fueron bases para futuras innovaciones.

El desarrollo de las computadoras, el internet, los celulares, la energía nuclear, la ingeniería genética, la biotecnología, la informática, etc. hacen del siglo XX, uno de los periodos de mayor aporte a la innovación y el desarrollo tecnológico y científico. La humanidad ha sacado provecho de los conocimientos acumulados hasta ese tiempo, se redujo de forma muy importante la vida de los bienes en los mercados, se intensificó la competencia entre empresas por la innovación de nuevos productos, de nuevos procesos

La difusión de los conocimientos acumulados, y su rápido crecimiento, ha jugado un papel preponderante en la innovación y el desarrollo económico, sin embargo la economía lo consideraba exógeno hasta el trabajo de Romer (1986). La innovación ha dejado de ser exógena y muchos consideran que es una herramienta básica para dinamizar las empresas, industrias, las economías, otros estudios han mostrado rendimientos crecientes de la inversión en investigación y desarrollo y tasas positivas en relación con la productividad.

La innovación se considera, como una herramienta fundamental para impulsar el crecimiento económico y la productividad en los diferentes países, a medida que evoluciona la economía mundial mejora el proceso de innovación. En estas condiciones, la tecnología está siendo la clave del quehacer diario en todas las actividades humanas.

Existen diferencias entre los términos de técnica y tecnología. La técnica es el conjunto de procedimientos y métodos de una ciencia, arte, oficio, industria; la técnica se concibe también como el conjunto de medios tendientes a perfeccionar los sistemas de obtención o elaboración de productos, también la técnica es el conjunto de las aplicaciones de las ciencias.

La técnica es la capacidad de utilizar métodos, instrumentos y equipos para obtener resultados prácticos, en otras palabras, la técnica la podemos definir como medios físicos con los cuales se realiza la tecnología y que la tecnología

tiene las bases científicas, a pesar que también “es un proceso acumulativo y autogenerado” (Rosemberg, 79).

Este fenómeno puede jugar un rol muy relevante sobre el proceso de producción ya que puede provocar economías de escala, ahorro en consumos intermedios, variando la utilización de determinadas maquinas y puede terminar por incrementar la productividad del mismo.

La tecnología es el estudio de los medios, de las técnicas y de los procesos empleados en las diferentes ramas de la industria, está ligada al conjunto de técnicas, instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.

Gil Peláez (1977) define tecnología como el conjunto de conocimientos o integración de aplicaciones que nos permite a partir de unos recursos y medios dados desarrollar una actividad productiva, prestar un servicio, o alcanzar un fin u objetivo.

Por otra parte la tecnología se asocia comúnmente a maquinas, aparatos y se deja de lado a los conocimientos aplicados a la práctica para resolver un problema determinado, no solo es saber sino saber hacer como afirmaba Galbraight (1980).

En otra parte si la tecnología se asocia en general con el proceso de invención, innovación y difusión para la obtención de fines prácticos, la ciencia se asocia con el conocimiento básico, con conceptos más genéricos, universalmente aplicables, pero menos poderosos al ser menos específicos. De acuerdo con esta afirmación, la transformación de la ciencia en tecnología requiere la focalización del conocimiento científico en una gama concreta de problemas.

El cambio técnico puede impulsar a la creación de nuevos productos o mejora de los ya existentes y de esta forma modifica la calidad de la demanda. La invención de la máquina de vapor y su desarrollo modifico cambio en la composición de la demanda y cambios también en los insumos. Así como lo hizo el petróleo tiempo después.

Podemos decir entonces que el cambio técnico, son las variaciones en el estado tecnológico, los impacto de éste, su cambio y la modificación de la innovación, de la invención, la transferencia y la difusión de la técnica y de la tecnología.

Una determinada tecnología, una innovación o el sistema tecnológico; pasan por cuatro etapas, que son: el nacimiento, el crecimiento, la madurez y el declive. Es un fenómeno similar a lo que ocurre con nuestra especie, nace, se desarrolla, se reproduce y muere. La tecnología se “reproduce”, ya que la tecnología puede generar otra tecnología. Por otra parte, el invento se define según el Larousse como cosa nueva que alguien idea o pone de moda. Según Dornbusch y Fischer (1986) los inventos son los descubrimientos de nuevos conocimientos, en otras palabras definimos la invención como la creación de una idea potencialmente generadora de beneficios comerciales, pero no necesariamente realizada de forma concreta en productos, procesos o servicios.

En lo subsecuente entenderemos el invento como la realización por vez primera de una idea o un conocimiento. El invento no tiene la obligación de tener una práctica relevante como si lo debe tener, la innovación, término que revisaremos con profundidad más adelante.

Después de la invención el siguiente paso es la innovación, y ésta se define como una acción y efecto de introducir novedades; creación y transformación, por otra parte uno de los economistas más destacados en el estudio de la innovación

es Joseph Schumpeter (1928) concibe éste fenómeno como el empleo de recursos productivos en usos sin probar en la práctica hasta ahora. La innovación según Dornbusch, Fischer (1986) es el desarrollo de métodos para aplicar los conocimientos existentes, Schumpeter (1939) redefine la innovación como la creación de una nueva función de producción.

La innovación según la define el Manual de Oslo OCDE (2006) es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado bien o servicio, de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las practicas internas de la empresa, organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores.

La idea creativa no se convierte en innovación hasta que no se utiliza para cubrir una necesidad concreta. Esta aplicación de la idea supone un proceso de cambio que podríamos considerar microeconómico.

A los efectos de nuestro trabajo, innovar es convertir ideas en productos, procesos o servicios nuevos o mejorados que el mercado valora, se trata de un hecho fundamentalmente económico que, incrementa la capacidad de creación de riqueza de la empresa y, además, tiene fuertes implicaciones sociales.

Este concepto debe ser entendido en sentido amplio, pues cubre todas las actividades de la empresa que presuponen un cambio sustancial en la manera de hacer las cosas, tanto en lo que se refiere a los productos y servicios que ella ofrece, como a las formas en que los produce, comercializa u organiza.

Después de haber definido innovación pasamos a exponer las clasificaciones de las innovaciones, que según Schumpeter (1912) indicó cinco tipos: a) La aparición de un nuevo producto, b) La aparición de un nuevo proceso,

c) El desarrollo de nuevos consumos intermedios o nuevos inputs, d) El diseño de nuevo tipo de organización y e) La localización de un nuevo mercado.

Las innovaciones tecnológicas son las dos primeras formas de innovaciones que se mencionan anteriormente, es decir, son las apariciones de nuevos productos, productos significativamente mejorados o también pueden ser la aparición de un nuevo proceso.

Desde ahora en adelante vamos a concebir la innovación tecnológica como aparición en los mercados de nuevos bienes y servicios; bienes y servicios ampliamente mejorados y la aparición de nuevos procesos; se recalca el concepto de innovación tecnológica ya que es indispensable para este trabajo. Este tipo de innovación tradicionalmente se ha venido asociando a cambios en los aspectos más directamente relacionados con los medios de producción, ha evolucionado la clasificación de las innovaciones y tenemos también la innovación comercial, innovación de servicios y otras.

La innovación comercial trata sobre los cambios resultado de variables de marketing como el mejor conocimiento del mercado que posibilita el éxito comercial, novedosos medios de promoción, nueva presentación con mejor estética, nuevos canales de distribución. Ejemplo el comercio electrónico y el sistema de franquicias.

Innovación en servicios incluye innovación en sectores distintos a los sectores primarios y secundarios, cuyo estudio es reciente, tradicionalmente se ha considerado que el sector servicios es poco innovador y que se limita a consumir innovaciones producidas por las industrias manufactureras. Sin embargo, la evidencia reciente muestra que el sector servicios juega un papel importante en la generación y la difusión de innovaciones (hay servicios que no generan innovaciones por sí mismos, pero contribuyen a la difusión de la

innovación a otros sectores, como ocurre en el caso de los servicios de consultoría.) el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones (TIC) ha permitido el desarrollo de múltiples servicios gracias al internet y los servicios telefónicos.

Aunque el sector servicios apuesta cada vez más por la innovación, es un sector muy heterogéneo donde contrastan subsectores como los servicios intensivos en conocimiento, que son muy similares a las empresas manufactureras en cuanto al esfuerzo en I+D y a la intensidad tecnológica, con otros menos innovadores que suelen adoptar e implementar las tecnologías desarrolladas por otros sectores de la economía.

Algunos subsectores, como los servicios de consultoría, de formación, de informática o de I+D, juegan un papel importante en el sistema de innovación, especialmente por su papel en el proceso de difusión. Estos servicios ayudan a difundir los conceptos e ideas innovadoras y son una fuente de capital intangible. Además, contribuyen al desarrollo de las nuevas tecnologías, especialmente de las TIC, gracias a su papel de grandes usuarios.

También las innovaciones se pueden tratar desde dos enfoques distintos: innovación exógena e innovación endógena. La innovación exógena no es más que la creencia que la innovación venía del cielo, se creía que dependía de los cabezas de grandes genios.

En aquellas épocas existían grandes laboratorios independientes, como el muy destacado laboratorio de Thomas A. Edison, donde producían inventos a cada rato. La innovación endógena es la manifestación de la aceptación por parte del hombre, de que la innovación no cae del cielo, sino que hay que esforzarse por ella.

Hoy en día está comúnmente aceptado que la innovación es el resultado de la investigación y desarrollo de las grandes empresas. Los gigantescos consorcios invierten sumas millonarias cada año, en investigación y desarrollo; lo cual es sumamente rentable para ellos. La innovación explicada como resultado del esfuerzo de los agentes económicos es conocida como innovación endógena.

Existe otra clasificación de la innovación según grado de novedad, que son la innovación incremental y la innovación radical. La innovación incremental trata de pequeños cambios dirigidos a incrementar la funcionalidad y las prestaciones de la empresa que, si bien aisladamente son poco significativas, cuando se suceden continuamente de forma acumulativa pueden constituir una base permanente de progreso.

Por otra parte la innovación radical implica una ruptura con lo ya establecido. Son innovaciones que crean nuevos productos o procesos que no pueden entenderse como una evolución natural de los ya existentes. Aunque no se distribuyen uniformemente en el tiempo como las innovaciones incrementales, si surgen con cierta frecuencia. Se trata de situaciones en las que la utilización de un principio científico nuevo provoca la ruptura real con las tecnologías anteriores (un ejemplo puede ser la máquina de vapor o el microprocesador).

La inversión en investigación y desarrollo es una de las principales fuentes de las innovaciones, mediante el esfuerzo dedicado a dicha investigación, las empresas se apropian de los resultados de nuevos productos, procesos. Se

protegen con las patentes contra la competencia, monopolizando la producción del nuevo bien durante un largo periodo tiempo.

Las patentes son incentivos que protegen a las empresas innovadoras durante un tiempo determinado y les garantiza la explotación y las jugosas ganancias de monopolio como premio de haberse tomado el riesgo de invertir en investigación y desarrollo.

Las patentes son un gran incentivo para las organizaciones inversoras en investigación y desarrollo; para las empresas innovadoras; justifican los miles de millones que dólares que gastan los consorcios en el esfuerzo de la innovación.

El tema de innovación no es reciente en economía, Adam Smith conocido como “Padre de la Economía” había innovado al introducir la especialización, la división del trabajo como fuentes de riqueza, la tecnología en Carlos Marx es fuente de plusvalía del capitalista y explica el alemán, que le permite al empresario reducir costos, precios y expulsar a sus competidores del mercado, razón por la cual explica la tendencia de la concentración y centralización del capital

A su vez, importantes analistas recientes como Helpman, Grossman, Aghion, Howitt, Acemoglu, Porter, entre otros, han destacado el papel de la innovación como primordial para el desarrollo socio-económico, por ese motivo resulta relevante estudiar este fenómeno.

2.1.2 Sistema de innovación

Metcalf (1995) define el sistema de innovación como el conjunto de distintas instituciones que, individual y conjuntamente, contribuyen al desarrollo y difusión de nuevas tecnologías y que, al mismo tiempo, provee el marco dentro del cual los gobiernos crean e instrumentan políticas orientadas a

influenciar el proceso de innovación. Como tal, se trata de un sistema de instituciones interrelacionadas para crear, almacenar y transferir el conocimiento, habilidades y artefactos que definen a las nuevas tecnologías.

El sistema nacional de innovación puede entenderse como el conjunto de agentes, instituciones, articulaciones y prácticas sociales vinculados a la actividad innovadora al interior de un país. Dosi (1988) considera que la dinámica innovadora depende más de los procesos de aprendizaje tecnológico que de los recursos disponibles y que estos procesos de aprendizaje tienen un carácter acumulativo, sistemático y cultural, considera que el conocimiento tácito desempeña un papel importante en la dinámica innovadora

El sistema de ciencia y tecnología es esencial para la generación y difusión de innovaciones, es decir para el progreso técnico de un país. En este subepígrafe se presenta la estructura y competencias de todos los agentes que deben intervenir en la producción propia del conocimiento que puede llegar a ser útil económicamente.

Las empresas tienden a ser las protagonistas de las actividades de innovación, sin embargo no llevan a cabo dichas actividades en solitario, sino mediante un conjunto de relaciones que constituyen el sistema de innovación. El progreso económico de un país puede estar ligado con un sistema de innovación eficaz, que permite que sus recursos limitados, se combinen con adquisición efectiva de la tecnología importada y de los trabajos propios de adaptación y desarrollo que ayuden al acelerado bienestar de la población.

En otras palabras el sistema de innovación lo podemos definir como la asociación de varias instituciones para encontrar nuevas formas de cooperación tecnológica, involucrando relaciones multidireccionales mediante la difusión del

conocimiento, la colaboración en investigación y desarrollo, capacitación, todo con el objetivo de innovar.

El sistema nacional de innovación puede ser dividido en cinco subsistemas: la administración pública, el sistema público de I+D, las infraestructuras de soporte a la innovación, las empresas y el entorno. La administración pública se ocupa de la política científica y tecnológica del país en cuestión, ya que ciencia y la tecnología contribuyen a resolver los problemas nacionales.

Las aportaciones de los modelos de crecimiento en las últimas décadas (vistos en capítulo 1) relacionan el crecimiento económico con progreso técnico y además explican el progreso técnico con conocimientos, capital humano, etc. Todas las variables anteriormente mencionadas son de suma relevancia para la riqueza de un país y la mejora de bienestar de su población. De ahí que, merecen ser el centro de atención de políticos y administradores públicos.

Los países más desarrollados del mundo se esfuerzan, privilegian y apoyan de forma activa a los agentes que participan en los procesos de innovación. Las preocupaciones de los administradores públicos debe estar centrada en varias metas, como: el fomento a las actividades de innovación, la difusión de la innovación en el mercado, transferencia de tecnología, gestión del sistema de investigación y desarrollo público y creación de marco institucional e infraestructura que incentiva la innovación.

Los administradores públicos muy diversos instrumentos para incentivar la inversión en investigación y desarrollo, tales como, subsidios a las organizaciones que invierten en investigación y desarrollo, créditos blandos, compras gubernamentales orientadas a fomentar progreso científico y tecnológico,

Schmookler (1965), señala que las innovaciones se generan a partir de las necesidades expresadas por la demanda y conocida por las empresas, justifica el efecto positivo que las compras públicas tienen sobre la innovación. Los incentivos no financieros que el administrador público puede utilizar para alentar el sistema de innovaciones son: un eficaz sistema de patentes, adecuadas políticas de difusión de la innovación de manera acelerada y por todos los sectores de la economía,

Vincular varias instituciones en el proceso de innovación como empresas, universidades, centros de investigación y desarrollo públicos, con la finalidad de reducción de los costes de acceso a los conocimientos tecnológicos y mejora de su capacidad de absorción. El sistema público de investigación y desarrollo está constituido por instituciones y organismos que patrocina el sector público que se dedican a la generación de conocimientos para su posterior aplicación a la producción, donde destacan las universidades y organismos públicos de investigación.

Una de las funciones principales de administrador público es vincular el sistema público de investigación y desarrollo no solo a los sectores de alta tecnología, sino que también conectar estrechamente todos los sectores de la economía. Los resultados del sistema público de investigación y desarrollo está muy relacionado con la fusión que tienen las instituciones de educación superior con el aparato productivo y no solo con la cantidad y calidad de los conocimientos que se generan en las universidades.

En México, la ley de ciencia y tecnología del 2002, introdujo cambios relevantes como encargar el Sistema de Ciencia y Tecnología al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) y la creación del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT).

Con los cambios se pretende pasar de una política de ciencia y tecnología Gubernamental a una política de ciencia y tecnología de Estado. En otro ámbito del sistema nacional de innovación, el gobierno crea en 1984, el sistema nacional de investigadores, en el año 2003, se encuentran registrados al programa alrededor de 10 000 investigadores; cifra muy por debajo de países como España, que tenía 41 681 investigadores de tiempo completo en 1993. Solo quinta parte de los investigadores mexicanos trabajan en el sector privado. FCCyT (2006).

El conjunto de organizaciones que ayudan a facilitar las actividades de innovación en las empresas, ofreciendo recursos humanos (los expertos en tecnología, los técnicos) o materiales para desarrollar investigación y desarrollo, le podemos denominar infraestructura de la innovación.

En México la infraestructura para la innovación ha sido protagonizada fundamentalmente por el sector público con el afán de modernizar la estructura productiva del país y como manifestación de compromiso del desarrollo económico de la nación, últimamente se han integrado entidades federativas para promocionar el progreso de sus regiones.

Dentro de la estructura para la innovación destacan los parques y centros tecnológicos, los parques tecnológicos están destinados a alentar la inversión en productos y servicios de alto contenido tecnológico, estimular el vínculo investigación-industria.

Los centros tecnológicos son proveedores de servicios tecnológicos como la formación, gestión de innovación, información y desarrollo de investigación y desarrollo por contrato.

Culminamos con el protagonismo del sector público respecto a la innovación, sin embargo la innovación debe ser tarea del sector privado, es decir,

en una economía de mercado como la mexicana, la innovación debe ser protagonizada por las empresas.

Según CONACYT (2001), en el año 2000, menos de 300 empresas mexicanas realizan algún tipo de investigación y desarrollo, el número de patentes mexicanas solicitadas por nacionales fue a la baja en toda la década de los noventa, el coeficiente de inventiva se redujo significativamente, lo cual muestra los pobres resultados innovadores de las empresas y que la innovación es un reto de largo plazo para economía semiindustrializada como la mexicana.

Las empresas mexicanas deben innovar para explotar nuevas oportunidades, aumentar o mantener la cuota de mercado a partir de la diversificación del producto principal, apertura de nuevos mercados y no solo por exigencias de los clientes, presión de los competidores, y no tanto como consecuencia de su iniciativa de explotar nuevas oportunidades.

En la política de estado en ciencia y tecnología participan algunas de las organizaciones del sector privado como la Confederación Nacional de Cámaras Industriales (CONCAMIN), la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico (ADIAT) y el Consejo Nacional Agropecuario (CNA).

2.1.3 Procesos de innovación tecnológica

El sistema nacional de innovación relaciona a la empresa innovadora con los agentes como universidades, laboratorios públicos, autoridades reguladoras, competidores, clientes y proveedores.

El proceso de innovación aglutina varias actividades de innovación de la empresa y las relaciones de dichas actividades, como pueden ser, conocimiento,

tecnologías, información, los recursos humanos, recursos financieros, prácticas empresariales, como señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico en el Manual de Oslo (2006).

El proceso de innovación incluye la generación y adquisición de conocimientos, la inversión en investigación y desarrollo, la producción y la comercialización y los vínculos entre las actividades anteriormente mencionadas. La difusión de la innovación es una parte importante del proceso de innovación y da a conocer la utilidad de la innovación en toda la economía, con la difusión cobra sentido la innovación.

El proceso de innovación requiere que la empresa esté comprometida, ya que es un proceso largo y riesgoso, desde la inversión en investigación y desarrollo que necesita de cuantiosos recursos, la invención, la producción y la comercialización del bien novedoso, por otra parte, también brinda grandes beneficios para las empresas innovadoras, para los consumidores y la sociedad en conjunto.

Debido a la complejidad del proceso de innovación, algunos investigadores tratan de enfocarse en alguna variable, actividad; por ejemplo Porter liga la innovación con competitividad, Cooper vincula la innovación con la difusión, Roger liga la innovación con la información, otros ligan la innovación con la formación y experiencia, etc.

Los riesgos ligados a la innovación, también se premian con grandes y jugosos beneficios, hoy en día, la aldea global vive tiempos de mucho dinamismo, las distancias se han acortado, los países han abierto sus fronteras al comercio, los consumidores están siendo más exigentes, los procesos de innovación son claves para la supervivencia de las empresas, no es exagerado afirmar que: las empresas tienen que innovar o perecer.

Las empresas innovadoras tienen mucho que ganar en las condiciones de la economía actual, tienen acceso a más mercados como nunca en la historia, las organizaciones, las personas, los países que se adaptan más rápido a estas condiciones se premian con grandes beneficios.

La evidencia muestra que hay naciones que han elevado significativamente sus niveles de bienestar como Irlanda, España, los llamados “Tigres Asiáticos”, mientras que otros han reducido su nivel de ingreso per cápita como Venezuela y Chad, Helpman y Groosman (1994).

Con las empresas sucede lo mismo, independientemente de su tamaño, cuota de mercado, muchas de las grandes empresas de la década de los setenta que estaban entre las quinientas con mayores ingresos (Revista Fortune), según Shell, menos de la mitad conservan tan privilegiada posición.

Las organizaciones innovadoras, abiertas al cambio, dispuestas a romper paradigmas y adaptarse rápidamente a una economía más dinámica, son las que ganan mayor cuota de mercado, consumidores, ejemplos son muchos, General Motors innovadora desplazó a Ford en el siglo pasado como la primera empresa automotriz con más unidades vendidas, hoy Toyota más innovador desplaza a General Motors acostumbrado al éxito, la clave para mantenerse, es innovar continuamente, dentro de la estrategia de innovación esta la adquisición y generación de conocimientos.

2.2 Determinantes de la innovación tecnológica

Los modelos de crecimiento endógeno estudiados anteriormente en el primer capítulo (Romer y Lucas) no tienen en cuenta la innovación, sin embargo, a continuación veremos un modelo que si toma en cuenta a la innovación y es la investigación de Aghion y Howitt (1992).

En su modelo suponen como los modelos anteriores, dos tipos de agentes económicos: empresas y hogares con la diferencia que hay tres sectores (en vez de dos sectores) Ahora, las empresas toman decisiones y pueden dedicarse a uno solo de los sectores de la economía: investigación, producción del bien final y producción de bienes intermedios.

Existe en este modelo, un tipo especial de incertidumbre: la asociada al proceso de introducción de nuevos (y más productivos) bienes de producción intermedios. Se asume la máxima incertidumbre posible: la generación de nuevos procesos más productivos sigue una distribución estocástica.

La incertidumbre de las empresas está ligada a que el empresario que introduce la innovación en un momento dado de tiempo, no sabe que periodo de tiempo podrá disfrutar de la posición de privilegio que supone poder explotar en régimen de monopolio (por hipótesis) esa innovación.

Este periodo de tiempo termina cuando otro emprendedor introduce una nueva innovación, que explota también en régimen de monopolio, expulsándolo del mercado. Esta idea está relacionada con el concepto schumpeteriano de “destrucción creativa” por lo que un aumento de introducción de innovaciones tiene en este modelo el efecto negativo de desanimar la innovación y termina afectando el grado de desenvolvimiento de la economía.

Aghion y Howitt suponen como que el consumidor maximiza su utilidad en cada momento del tiempo, que los emprendedores “innovadores” tomen en cuenta las ganancias potenciales que obtienen por innovar. Se considera que los consumidores intentan maximizar su utilidad por consumir descrita por la siguiente función:

$$u(y) = \int_0^{\infty} y_t e^{\rho t} dt \quad (2.1)$$

Donde los consumidores financian su consumo mediante ingresos obtenidos la venta de fuerza de trabajo en el mercado del bien final (producto) y en el de innovaciones. Sujeta a la siguiente restricción:

$$L = n_t + m_t \quad (2.2)$$

Luego, n representa a la población dedicada a la innovación y m a la dedicada a la producción del bien intermedio y t representa el periodo de tiempo que oscila entre dos innovaciones seguidas. El producto final se genera de acuerdo a la siguiente función de producción:

$$y = F(x) = Ax^{\alpha}, \alpha < 1 \quad (2.3)$$

Las innovaciones se producen conforme a un proceso estocástico (tipo poisson) que depende directamente de la cantidad del input (trabajo) dedicada a esta actividad, n .

Se considera la aparición de una nueva innovación sigue un proceso Poisson con tasa de llegada θn , siendo $\theta > 0$ que es parámetro describe la productividad del sector innovador.

La innovación está ligada a la mejora de calidad de los bienes, se traduce en la creación de un nuevo bien intermedio x que reemplaza el existente. En el modelo, el sector de bienes intermedios es el único en el que los mercados no son

competitivos: se supone que hay un monopolio (productor único) que produce el bien

$$x_t = m_t \quad (2.4)$$

Esta empresa única actúa como monopolio durante el lapso de tiempo que transcurre entre la introducción de bien x_t y la introducción de x_{t+1} de mayor calidad. La introducción de una calidad superior implica aumento en el parámetro A en una cantidad constante $\gamma > 1$, de manera que:

$$A_t = A_0 \gamma^t \quad (2.5)$$

Donde A_0 representa el valor inicial del parámetro tecnológico y t es la cantidad de mejoras de calidad ocurridas hasta el momento. La condición de arbitraje que determina cuánto se dedica a estas actividades es:

$$w_t = \theta V_{t+1} \quad (2.6)$$

Donde w es el tipo de salario y V es el valor presente del flujo de utilidades, a los que la innovación, da acceso hasta que tenga lugar la siguiente ($t+1$). Estos beneficios esperados producen una demanda de trabajo, junto con los que se obtienen de la producción de la renta final

El modelo contempla la innovación y su posibilidad de generar el privilegio de gozar temporalmente de los ingresos de un monopolio, que arrojan ganancias extraordinarias como compensación de haber introducido innovación.

Las empresas innovadoras tienden a aumentar la productividad de la economía, por ende incrementan el valor del parámetro tecnológico "A". Las innovaciones son invención de una variedad del bien intermedio que reemplaza al

anterior y que eleva el parámetro tecnológico A en un factor constante $\gamma > 1$ ” Este es el impacto que perciben el consumidor y el productor del bien final.

En modelo se consideran varios tipos de mercados, entre los cuales, Mercado del bien final que lo rige competencia perfecta, donde interactúan los consumidores y los productores del bien final. Mercado de bienes intermedios donde se encuentran los propietarios de las innovaciones con las empresas productoras del bien final y es de competencia imperfecta (en este caso, Monopolio).

En el modelo existe una interrelación fundamental que es conocida como “Destrucción creativa”, que supone que el éxito de un empresario le da la posibilidad de explotar un monopolio, pero acosta de destruir la posición de privilegio de otro, con las consecuentes pérdidas en que le hace incurrir y esto sucesivamente. Finalmente hay crecimiento positivo reforzado con la ganancia de utilidad de los consumidores (se supone que hay un excedente del consumidor siempre supera el grado de explotación del monopolio)

Podemos resumir que, Aghion y Howitt plantean un modelo con variables relevantes como son el parámetro tecnológico (A), la cantidad de trabajo dedicado a innovación y a producción del bien intermedio y (n , m) y las cantidades producidas del bien final (y) y del bien intermedio (x). En este modelo la tasa de crecimiento de la economía en viene dada por:

$$g = \theta \dot{n} \ln \gamma \quad (2.7)$$

Donde \dot{n} es el estado estacionario de equilibrio del modelo, muestran que el motor del crecimiento económico es la tecnología de la producción de innovaciones que en este caso, la tecnología está ligado al marco institucional, un

mercado que permita financiar al innovador, y cubrirse de algún modo contra riesgos de que otros les saquen del mercado.

2.2.1 Crecimiento económico por aumento de variedad de insumos

Paul Romer (1990) mostro con un modelo, que la utilización de mayor numero de insumos en la producción (nuevos materiales, bienes intermedios) ayuda a incrementar la productividad y con ello el crecimiento del producto per cápita. El modelo introduce la innovación horizontal (que es la contribución de numero variedades de bienes intermedios en la producción).

El modelo supone la existencia de dos sectores, un sector que produce el bien final único, regido por la competencia perfecta, el otro sector produce bienes intermedios diferentes y está en un régimen de competencia imperfecta. El monopolio que produce el bien intermedio está protegido por una patente que le da exclusividad de la producción del bien y se supone que han gastado en investigación y desarrollo para la obtención de un bien intermedio novedoso.

La función de producción del bien final único se puede representar como sigue:

$$Y = \frac{1}{1-\beta} L^\beta K^{1-\beta} \quad (2.8)$$

Consideran rendimientos constantes (el parámetro β es un oscila entre 0 y 1. L representa la cantidad de empleados que es fija y coincide con población, K es capital, Y es la producción del bien final. En seguida supone los productores del bien final utilizan en números iguales los insumos, por lo que $x_i = x$, entonces reescribimos (2.8) en:

$$Y = \frac{1}{1-\beta} L^\beta A x^{1-\beta} \quad (2.9)$$

x_i denota capital, A es la producción de ideas o conocimientos, interpretada como variedad de inputs. Si x_i aumenta, también se incrementara el nivel de la producción agregada y también el ingreso per cápita. Pero es más interesante el aumento de A (numero de insumos). Hay dos tipos de agentes consumidores y productores. Las empresas intentan maximizar sus utilidades representadas en la siguiente función:

$$V_{i,t} = \int_t^\infty e^{-r(s-t)} \pi^{-r(s-t)} ds = \int_t^\infty e^{-r(s-t)} (p_{i,t} - \psi) x_{i,t} ds \quad (2.10)$$

Sujeta a:

$$x_{i,t} = L p_{i,t}^{-1/\beta} \quad (2.11)$$

Donde la variable V_i también representa los ingresos netos generados por inventar una nueva variedad. Finalmente encuentra que:

$$g_{y,t} = g_{A,t} \quad (2.12)$$

Lo cual muestra que ingreso per cápita aumenta si se incrementa el número de variedades de insumos. Por otra parte los consumidores intentan maximizar su utilidad por consumir con la siguiente función:

$$u(c_t) = e^{-\rho t} \left[\frac{-1 + c_t^{1-\theta}}{1-\theta} \right] \quad (2.13)$$

Donde ρ es la tasa de descuento subjetiva y $\theta > 0$, y se cumple la ecuación de Euler, entonces la tasa de crecimiento del consumo en el estado estacionario sería:

$$g_c \equiv \frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\theta} (r - \rho) = \frac{1}{\theta} (\lambda\beta L - \rho) \quad (2.14)$$

Luego en el estado estacionario, se cumple:

$$g_A^* = g_N^* = g_y^* = g_c^* = \frac{1}{\theta} (\lambda\beta L - \rho) \quad (2.15)$$

Podemos concluir del modelo planteado anteriormente, crecimiento de ingreso per cápita está relacionado directamente con la productividad de los investigadores en un país, en otras palabras, es inverso al costo de lograr una nueva variedad de insumo.

2.2.2 Expansión del ingreso por mejora en calidad de bienes intermedios

Schumpeter (1942) uno de los estudiosos más destacados de la innovación y que introduce el concepto de “Destrucción Creativa”, que estaría vinculada a la innovación vertical que expondremos en seguida. La innovación vertical es la mejora en calidad de los bienes intermedios que provocaría el incremento de la productividad total de los factores, por otro lado las empresas innovadoras que mejoran la calidad de sus productos con el uso de mejores insumos, tienden a expulsar de los mercados a sus competidores.

Groosman y Helpman son los primeros en desarrollar los modelos basados en mejora de calidad de bienes intermedios y su impacto en el crecimiento económico en 1991 y después destacan Howitt y Aghion (1992, 2007) que siguen muy activos en la investigación en ese sentido. Empezamos considerando (como en el subepígrafe anterior), que el progreso técnico está determinado por la

elasticidad demanda de los bienes intermedios y de la productividad de los investigadores.

Consideramos dos sectores, uno que produce el bien final y otro sector de bienes intermedios. La función de producción del bien final está dada con la siguiente función:

$$Y_t = \frac{1}{1-\beta} L^\beta \int_0^m A_{i,t}^\beta (x_{i,t})^{1-\beta} di \quad (2.16)$$

Donde A_i es el aumento en la calidad de los insumos, m es la cantidad de insumos que se supone constante. Por otra parte, se considera el proceso de innovación, descrito como:

$$A_t = \frac{1}{m} L^\beta \int_0^m A_t di \quad (2.17)$$

Donde A_t es la tasa de crecimiento del índice de calidad agregado. Después de una serie de consideraciones (que se anexaran al finalizar el trabajo y similares a las del subepígrafe anterior) se llega a determinar la tasa de crecimiento del progreso técnico:

$$g_A^* = 2\lambda^2\beta L(\gamma-1) \quad (2.18)$$

Donde γ es la relevancia de la calidad innovada, λ es la productividad de los investigadores. En este apartado podemos concluir que la tasa de crecimiento de la economía explicada por la tasa de crecimiento del progreso técnico están relacionadas positivamente con el tamaño de la innovación y con la productividad de los investigadores.

Aghion, Griffith y Howitt (2006) consideran una economía compuesta por individuos con preferencias de consumo, en general se produce un bien final en

condiciones de competencia perfecta con continuas entradas de bienes intermedios, de acuerdo a:

$$y = \int_0^1 x_i^\alpha d_i, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (2.19)$$

En el sector de producción de bienes intermedios, un monopolio produce el bien intermedio de acuerdo a:

$$x = f(q, s) \quad (2.20)$$

Donde q es el insumo para la producción del bien final utilizado como capital y s es la entrada para la producción del bien intermedio disponible en cantidades igual a uno. La función de producción para el bien intermedio es:

$$f(q, s) = \begin{cases} q & \text{si } s \geq 1 \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad (2.21)$$

Por lo tanto el insumo especializado del bien intermedio es indispensable para la producción del bien final, a pesar de disfrutar del poder de monopolio, el productor del bien intermedio, podría enfrentarse a una franja competitiva por potenciales imitadores que pueden producir el bien intermedio, aunque con costo unitario muy alto. La función de producción del imitador es:

$$f^m(q, s) = \begin{cases} aq & \text{si } s \geq 1 \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad (2.22)$$

Donde $a < 1$, es una medida directa del grado de libertad de competencia en el mercado de bienes intermedios

Si la empresa (empresario) se las arregla para obtener los servicios del productor del insumo especializado en ese sector y no se enfrenta a una competencia efectiva, ya que los posibles imitadores no tienen acceso a la entrada especializada, entonces dicha empresa puede vender el bien intermedio a precio de monopolio al sector que produce el bien final, el precio sería igual al producto marginal del bien intermedio en la producción del bien final:

$$p = \alpha x^{\alpha-1} \quad (2.23)$$

Por lo tanto, el productor del bien intermedio elige x para maximizar el excedente:

$$\pi = \max\{\alpha x^\alpha - \chi\} \quad (2.24)$$

Entonces los rendimientos

$$\pi = (1 - \alpha)\alpha^{(1+\alpha)(1-\alpha)} \quad (2.25)$$

La ganancia del imitador está dada por la función:

$$\pi^m = \max\{\alpha x^\alpha - \chi/a\} \quad (2.26)$$

Y los rendimientos del imitador serían:

$$\pi^m = \chi^\pi \quad (2.27)$$

Donde:

$$\chi = a^{\alpha/(1-\alpha)} \quad (2.28)$$

Esto también es una medida de competencia en el mercado, al inicio de cada periodo el empresario decide integrarse o nó, entonces él invierte en investigación y desarrollo para la innovación con el fin de mejorar la calidad de sus bienes, si él innova exitosamente, entonces la franja competitiva de imitadores potenciales se presenta $\eta > 0$.

Después de que la franja ha sido abierta y el componente ha sido exitosamente producido, entonces se establece el trato sobre el excedente, de lo contrario ambos no obtienen beneficios, ya que la tecnología anterior sigue vigente en ese sector.

A continuación analizamos los resultados de la negociación ex post de la empresa y el gerente en cada sector, primero, si un margen competitivo de imitadores se ha presentado, la empresa debe conceder π^m para el gerente con el fin de asegurar su entrada (input) especializada; si no se presenta un margen competitivo o si el empresario se integra hacia atrás con su gerente, entonces la empresa y el gerente se reparten utilidades 50-50, o sea, que cada uno de ellos obtendría la mitad de las utilidades.

El empresario en cada sector debe invertir en investigación y desarrollo para poder innovar, la innovación a su vez crea oportunidades de enormes beneficios. El costo de la inversión en investigación y desarrollo para la innovación con probabilidad z es:

$$d(z) = Z^{u_1}/u_1, \quad u_1 > 1 \quad (2.29)$$

Una vez que la nueva tecnología ha sido inventada por la empresa, el gerente debe crear una entrada adecuada o componente para la nueva tecnología, y el costo de generar cada componente con probabilidad e es:

$$c_{(e)} = e^{u_2}/u_2, \quad u_2 > 1 \quad (2.30)$$

Supón que la empresa decide integrarse hacia atrás con su gerente, los rendimientos se parten a la mitad, una vez que la tecnología ha sido inventada exitosamente, el gerente elegirá la probabilidad e de descubrir un componente complementario, a fin de maximizar su utilidad esperada:

$$e\pi/2 - c_{(e)} \quad (2.31)$$

Por lo que los rendimientos:

$$e^v = (\pi/2)^{\varepsilon_2} \quad (2.32)$$

Donde $\varepsilon_2 = (u_2 - 1)^{-1}$ mide la eficiencia marginal del esfuerzo del gerente, ésta opción no está restringida por ninguna obligación contractual, retrocediendo un paso mas allá, anticipando el esfuerzo de innovación, el empresario elige su propia intensidad en investigación y desarrollo z para obtener el máximo beneficio:

$$U^v = \max\{ze^v \pi/2 - d_{(z)}\} \quad (2.33)$$

A continuación supongamos que la empresa decide no integrarse hacia atrás, entonces, una vez que la nueva tecnología ha sido inventada exitosamente el gerente elegirá la probabilidad e a fin de maximizar sus utilidades:

$$e\pi(\eta\chi + (1 - \eta)/2) - c_{(e)} \quad (2.34)$$

Entonces los rendimientos:

$$e^N = (\eta\chi + (1 - \eta)/2)^{\varepsilon_2} \pi^{\varepsilon_2} \quad (2.35)$$

a continuación asumimos mayor que e^v si la franja competitiva vinculante ($\chi > 1/2$), volviendo otra vez un paso hacia atrás, anticipando el esfuerzo innovador por el gerente e^N , la empresa elige su propia intensidad en investigación y desarrollo z para maximizar mis utilidades:

$$U^N = \max\{ze^N(\eta(1 - \chi) + (1 - \eta)/2)\pi - d_{(z)}\} \quad (2.36)$$

Después de considerar lo que ocurre cuando varía el grado de competencia y tener en cuenta la evidencia en el Reino Unido llegan a las siguientes conclusiones, que existe evidencia de la relación entre la competencia, la innovación, la propensión a concretar una integración vertical por parte de las firmas.

A medida que hay mayor apertura y libertad los mercados, la competencia ayuda a presionar a que las empresas sean más innovadoras para poder subsistir, a su vez, las condiciones de mercado provocan la fusión y la integración entre ellas.

2.2.3 Innovación, difusión del conocimiento y crecimiento económico

La innovación puede ser de demanda o de oferta, la innovación de demanda conocida como tirón o empujón de demanda es aquella innovación que surge en respuesta o como exigencia del mercado. Esta innovación generalmente tiene una comercialización al corto plazo, no implica riesgo para su productor.

La innovación de oferta también conocida como “empujón de ciencia” es aquella innovación que es impulsada por la búsqueda de las aplicaciones de la ciencia, acelerada por los departamentos de investigación y desarrollo de las empresas. Este tipo de innovación si es riesgo y su rentabilidad tiende a largo plazo. Generalmente las innovaciones se ubican entre estos dos extremos.

Para la generación de innovaciones las organizaciones pueden invertir en investigación y desarrollo o adquisición de la innovación del exterior de la empresa. Freeman (1975) define la investigación y desarrollo como trabajo creador, emprendido sobre una base sistemática, tiene por objeto el aumento del conocimiento científico y técnico, así como, su posterior utilización en nuevas aplicaciones.

También se pueden adquirir desde el exterior de la empresa o país, innovaciones tecnológicas (de nuevos productos, procesos), otras tecnologías en forma de licencias, patentes, Know-how, marcas.

La difusión de los conocimientos, innovaciones por las empresas, países, ha sido intensificada por el desarrollo de la empresas de tecnologías de información y telecomunicaciones, la globalización, la transnacionalización de la economías, el desarrollo del transporte, la fragmentación de la producción por todo el mundo, la informática, el internet, el comercio, las políticas de apertura en los distintos países, el impulso a la inversión extranjera, el turismo, el intercambio académico.

Los mayores recursos destinados a investigación y desarrollo por parte de empresas y gobiernos de todo el mundo, la creación sistemas nacionales de investigación y la intención de los sectores públicos y privados de colaboración para el desarrollo científico y tecnológico en búsqueda de mayor competitividad, hace que las innovaciones sean más comunes y claves para el éxito de una empresa o una nación en un mundo cada vez más dinámico y cambiante. Las innovaciones tecnológicas, los sistemas de investigación, los procesos de innovación cada vez más eficaces, han permitido una mejora muy significativa en los niveles de bienestar de la mayoría de la población del planeta.

Capítulo III. Los procesos de innovación tecnológica y crecimiento en América Latina.

Este capítulo se divide en dos apartados, en la primera parte analizaremos los insumos de los procesos de innovación tecnológica como son: la inversión en investigación y desarrollo en América Latina y el Caribe y los recursos humanos para la investigación en la región, se trata de los recursos financiero y humano de los procesos de innovación.

A continuación estudiaremos la productividad o los resultados de esos recursos (tanto financieros y humanos) teniendo en cuenta: las patentes, bibliometría. Finalmente el impacto de los procesos de innovación medidos mediante el comercio con alto contenido tecnológico y la dependencia tecnológica en América Latina.

3.1 Los procesos de innovación tecnológica en América Latina

Los procesos de innovación tecnológica como habíamos visto el capítulo anterior, es un fenómeno bastante complejo debido a que está muy ligado a áreas como industria, gobierno, educación, economía, etc. A pesar de su complejidad, son muy relevante para el desarrollo económico de los países. Los países más avanzados del mundo, son los que destinan más recursos (como proporción de sus ingresos) a la ciencia y tecnología, mientras que en los países menos desarrollados prestan menor atención a la ciencia y tecnología.

Para medir los procesos de innovación tecnológica se han creado ciertos indicadores como el gasto en investigación y desarrollo en un país, la cantidad de investigadores dedicados de tiempo completo a la investigación (recursos), el número de patentes y bibliometría (resultados), balanza de pagos tecnológica y comercio internacional de alta tecnología (impacto económico). En los siguientes

epígrafes trataremos de analizar los indicadores de ciencia y tecnología vistos anteriormente para conocer la situación general la ciencia y tecnología en el país.

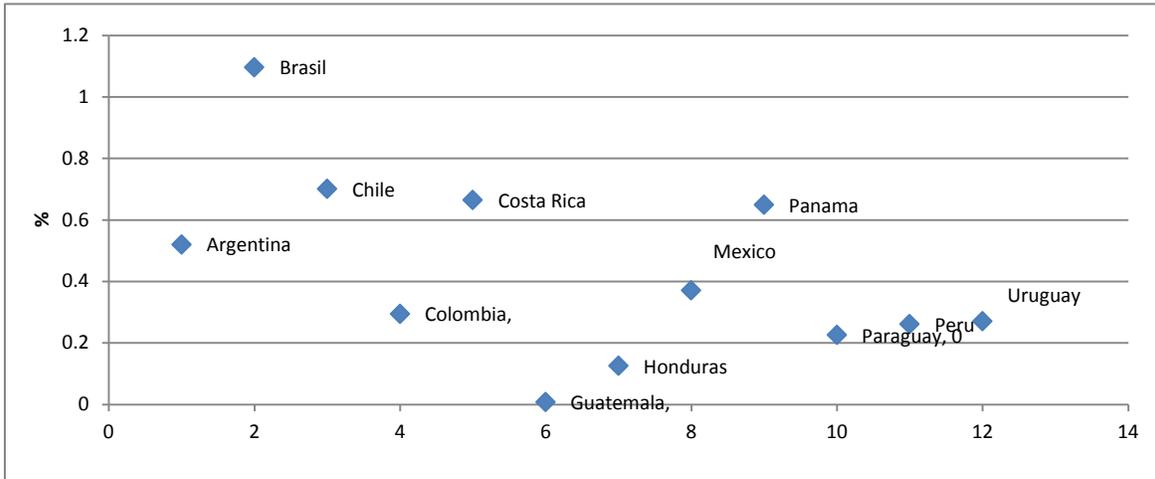
3.1.1 La inversión en investigación y desarrollo en América Latina.

Empezaremos este subepígrafe definiendo la inversión en investigación y desarrollo como el gasto de recursos financieros relacionados las actividades de investigación y desarrollo (I+D) en un país. Generalmente la inversión en investigación y desarrollo es un indicador recurrente al tratar temas de innovación, aunque también tiene sus limitaciones como no indicar la productividad del sector investigador de una nación.

La Grafica 3.1, muestra que el mayor esfuerzo en la inversión en investigación y desarrollo en el 2008 lo hace Brasil, seguido por Chile, Costa Rica, Panamá, México y Argentina. Pero las diferencias entre Brasil y el resto de los países latinoamericanos son notorias, duplica la intensidad de la investigación de la mayoría de los países latinoamericanos.

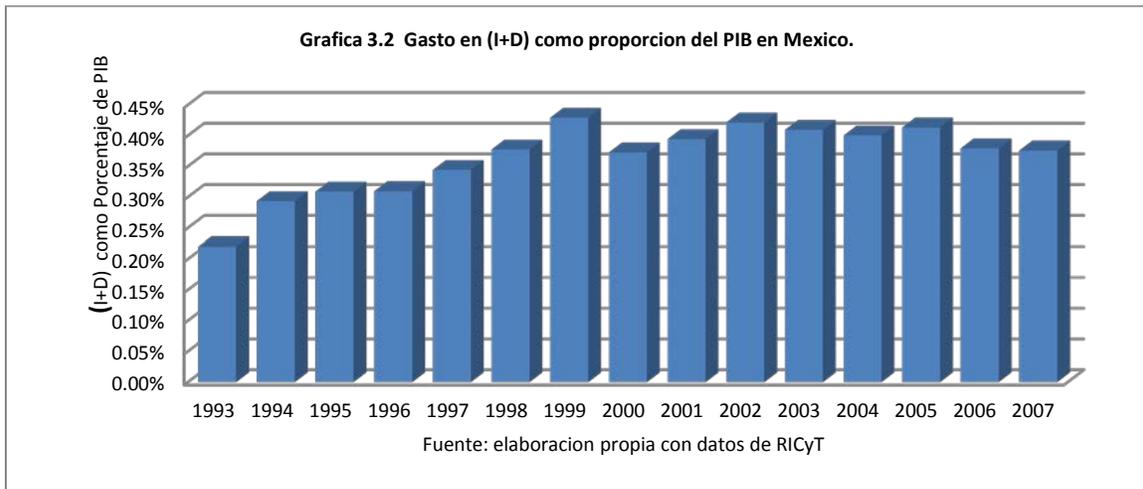
Brasil invierte 1.10% de su ingreso en investigación y desarrollo es puntero en América Latina, sin embargo todavía distante en comparación con los países líderes a nivel mundial como Israel y Suecia que gastan 4.5% y 4.2% respectivamente.

Grafica 3.1 La inversión en I+D como proporción del PIB de algunos países latinoamericanos en el año 2008



Fuente: elaboración propia con datos de la Red Iberoamericana de indicadores de Ciencia y Tecnología 2011.

La grafica 3.2, señala la dinámica del gasto en inversión en investigación y desarrollo como proporción del producto interno bruto de México en el periodo 1993 al 2007, la cual arroja, que la inversión en investigación y desarrollo representaba 0.20% del PIB de ese año. En 1999 alcanza un máximo respecto al PIB de 0.43, posteriormente disminuye hasta representar el 0.38% del ingreso del país en 2007.



La inversión en investigación y desarrollo como proporción del PIB en México es relativamente baja en comparación con los países desarrollados que alcanza niveles aproximados del 3% del ingreso de dichas naciones, ejemplo de ello: en el 2007, Estados Unidos de América gastó en investigación y desarrollo como 2.66% de su PIB, Canadá invierte el 1.8 de su ingreso.

México hace menos esfuerzo en la inversión en investigación y desarrollo en comparación con países latinoamericanos de similar desarrollo como Argentina y Brasil, cuyo gasto en relación al PIB es 0.51% y 1.07% respectivamente en el año 2007. México también gasta menos que países de inferior ingreso como China y la India.

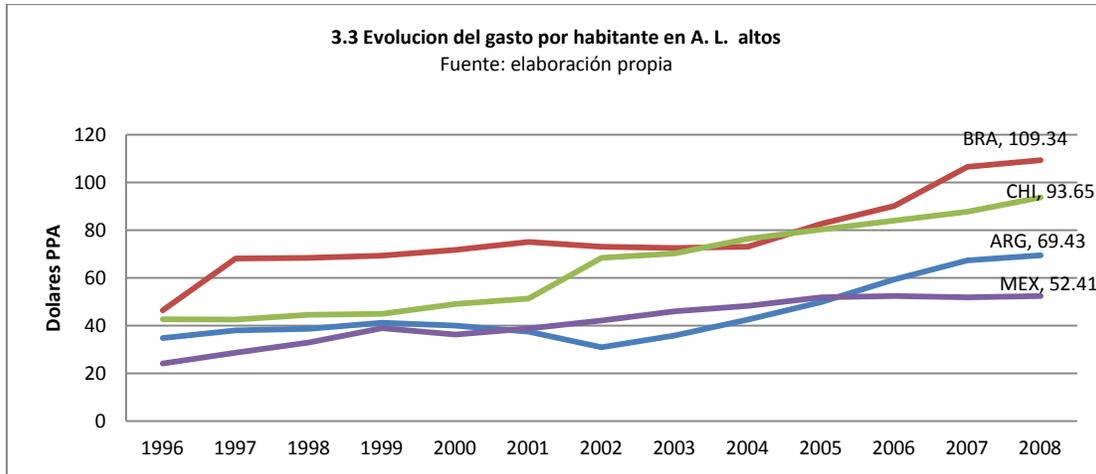
El gasto por habitante en investigación y desarrollo para América latina y el Caribe en promedio fue de 62.14 dólares PPA en el año 2007, en Argentina fue de 67.55 dólares PPA, en Brasil 107.02 USD PPA, en Chile²⁰ de 76.59, Colombia 11.70, Costa Rica 34.65, Guatemala 2.71, Honduras 1.47, México 51.49, Panamá 20.83, Perú 8.80, Paraguay 3.41, y Uruguay 49.68.

El gasto por habitante en investigación y desarrollo para América latina y el Caribe en promedio es muy bajo en comparación con países de América del Norte como Canadá que invierte 673 por habitante o Estados Unidos que gasta 1220 dólares por habitante al año en investigación y desarrollo.

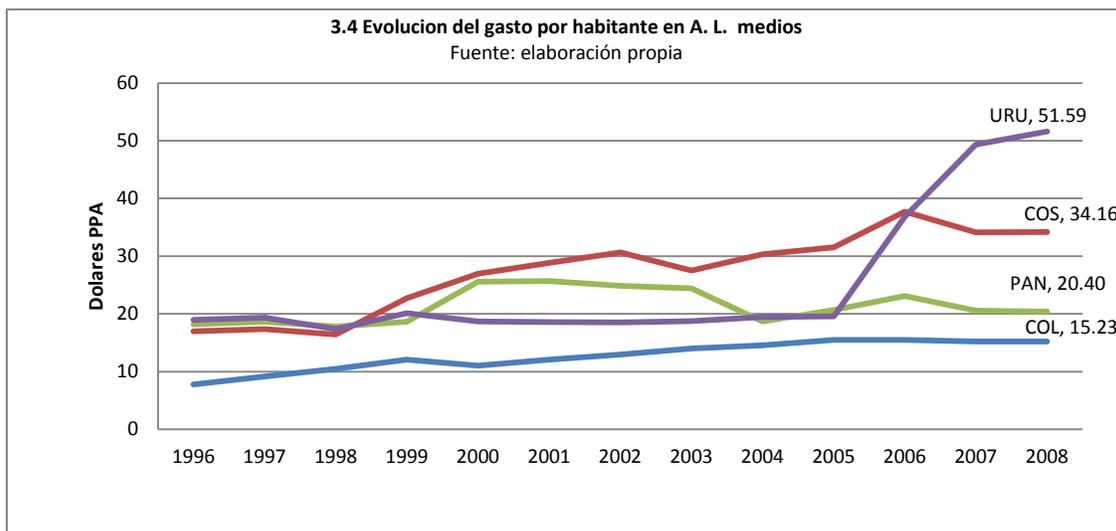
La grafica 3.3, muestra la evolución del gasto por habitante en Brasil, Chile, Argentina y México; Brasil es el país que más invierte como proporción de su PIB, también es la nación que más gasta por habitante en investigación y desarrollo, seguida por Chile, Argentina y México. La grafica señala que el gasto por habitante en Chile crece más rápido que los otros países, que México llegó a

²⁰ Para Chile última información disponible del 2004, México y Perú 2005 y Paraguay 2006.

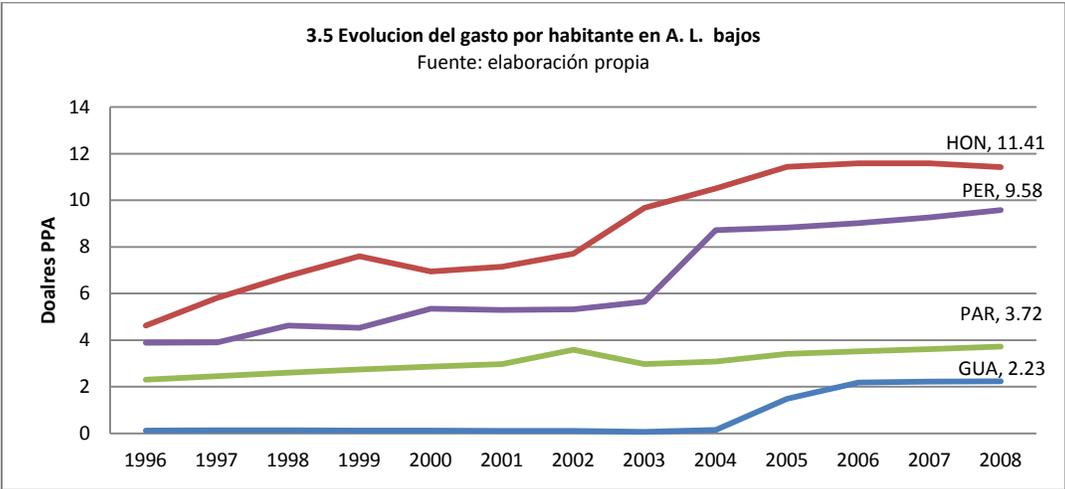
superar a Argentina en el periodo 2001-2005, sin embargo Argentina llega a superar a México en los últimos años.



La grafica 3.4, muestra la evolución del gasto por habitante en investigación y desarrollo en Uruguay, Costa Rica, Panamá y Colombia respectivamente. En 1996 parte el conjunto de países con inversión de alrededor de 20 dólares por habitante, Costa Rica es la que más gasto en el periodo 1998-2006, pero la supera Uruguay en el periodo 2006-2008, mientras que Costa Rica decrece significativamente.



La grafica 3.5, el lector puede observar la dinámica del gasto por habitante del grupo de países analizados que menos invierten, todos parten con una inversión menor a los 6 dólares por habitante en 1996, Honduras es la que más gasta por habitante y no ha cambiado la tendencia hasta en el periodo analizado. La inversión es muy pobre no ha superado los 12 dólares en los cuatro países, mientras que líder en América Latina y el Caribe, Brasil gasta los 109 dólares por habitante.



El gasto por habitante mexicano en investigación y desarrollo pasa de 10.25 dólares en 1993 a 51.49 dólares en 2007, creció como promedio una tasa del 18% anual en el periodo analizado, lo cual es una tasa de crecimiento bastante significativa, sin embargo, el gasto por habitante en investigación y desarrollo sigue siendo muy pobre, si lo comparamos con sus socios comerciales, Estados Unidos de América en el año 2008, invirtió 1305 dólares por habitante o Canadá en el mismo año gastó 766 dólares.

La grafica 3.6, muestra el gasto por investigador en América Latina y el Caribe, los datos más recientes que encontramos fueron del año 2007 y están expresados en miles de dólares americanos de la paridad del poder adquisitivo

(PPA), que en promedio fue de 68.78 el gasto por investigador al año, en Argentina 68.73, Brasil el gasto fue 101.59, en Chile²¹ 67.12, Colombia 42.77, Costa Rica²² 43.18, Guatemala 56.87, Honduras²³ 18.07, México 78.52, Panamá 131.88, Perú 48.26, Paraguay 25.58, Uruguay 38.38



América Latina y el Caribe distan del gasto por investigador en países desarrollados como Canadá donde se invierte por investigador unos 170.30 miles de dólares americanos por año, mientras que en Estados Unidos el gasto en 1999 fue de 125.33 y el promedio por persona en ciencia y tecnología fue 233.12 dólares en el 2005.

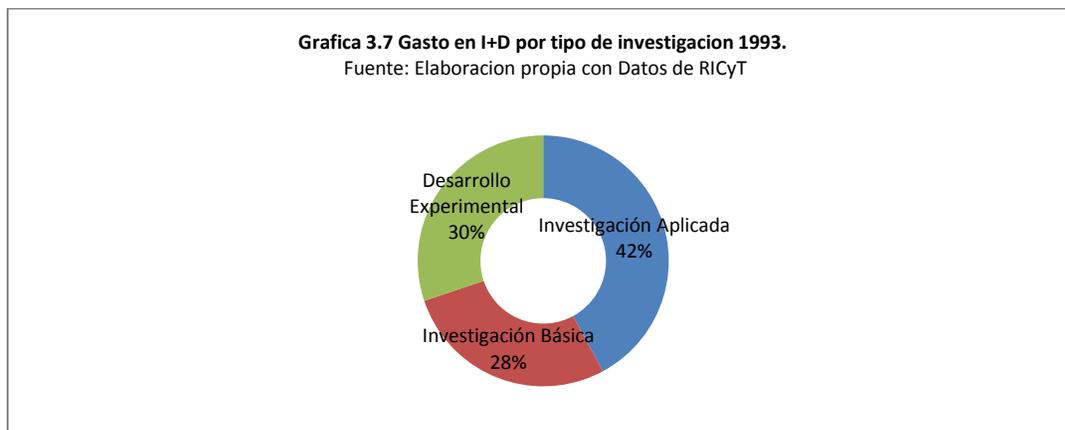
Las graficas 3.7 y 3.8, muestran la evolución de los tipos de investigación y desarrollo en México en más de una década, la investigación básica reduce su participación en total de la investigación en el país, en 1993 representaba 28%, y país a significar solo el 19% en el 2007. La investigación aplicada también corrió

²¹ Para Chile, Paraguay y Perú la información disponible es del año 2004,

²² en Costa Rica el gasto por investigador había llegado a un máximo de 119 miles de USD de la PPA en el 2004.

²³ La información disponible para Honduras 2003, México 1995 y Panamá 2005

con la misma suerte al pasar de 42% del total de las investigaciones, pasa a representar solo 33%.



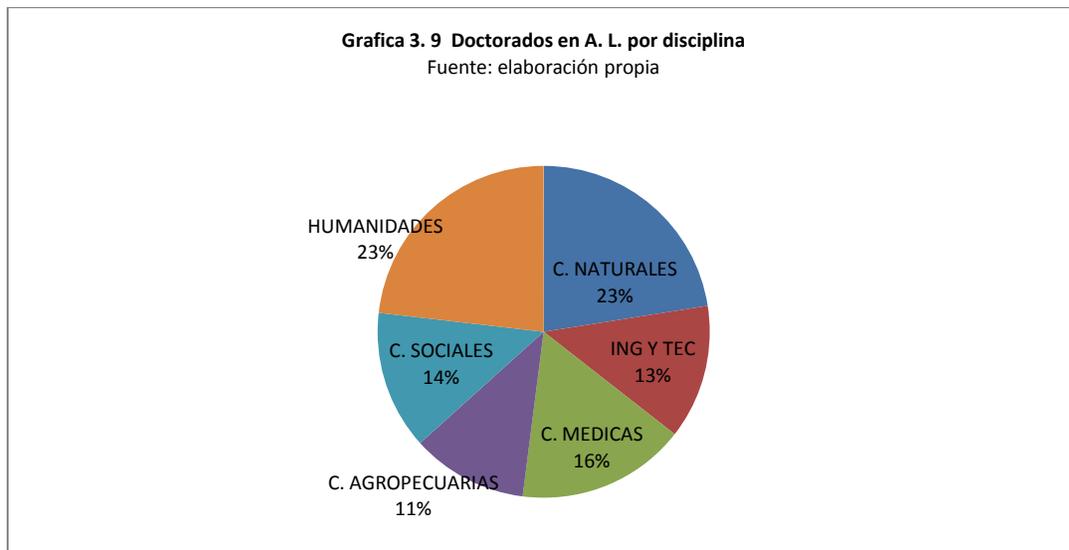
El desarrollo experimental ha avanzado en sentido contrario, es decir, ha aumentado su participación en el total de la investigación del país, en 1993 representaba el 30% del total y país a representar el 48% de la investigación en el país, en el año 2007, casi la mitad.



3.1.2 Recursos humanos para la investigación en América Latina.

En la sección anterior analizamos el insumo financiero para las actividades de investigación, que es la inversión en investigación y desarrollo. En éste apartado analizaremos otro relevante insumo, referido a los recursos humanos que se pueden aplicar o dedicar a la investigación.

La grafica 3.9, muestra el total de doctorados en América Latina y el Caribe en el 2007, fue de 13 715, de los cuales el 22.44% pertenecen al área de ciencias naturales, 13.05% ingeniería y tecnología, 16.43% ciencias medicas, 11.29% ciencias agropecuarias, 13.46% ciencias sociales, 23.14% humanidades. Solo Brasil egresa el 72.32% del total de doctores de la región, México el 24.54% del total, Argentina alrededor del 5%, Chile 2.9%, Colombia 0.6%, Costa Rica 0.7%, Guatemala 0.007%, Honduras 0.2%, Panamá 0.007%, Paraguay 0.6% y Uruguay 0.14%.



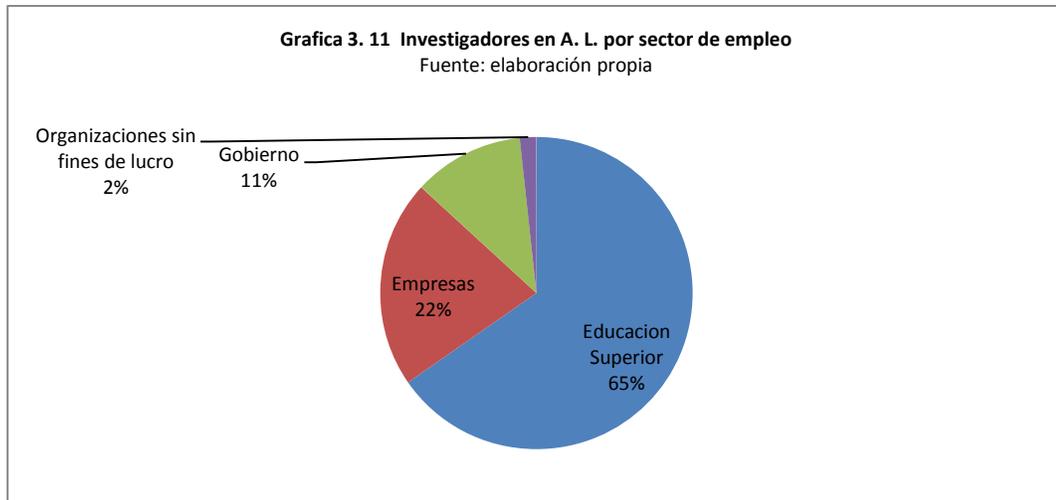
El número de doctorados al año en América Latina es muy bajo si compara con países como Estados Unidos que egresa 56 309 doctores al año o España y Canadá que obtienen 6885 y 3773 doctores respectivamente. El número total de

doctores titulados al año en América Latina y el Caribe representa apenas 24.35% de los doctores que egresan en Estados Unidos en un año.

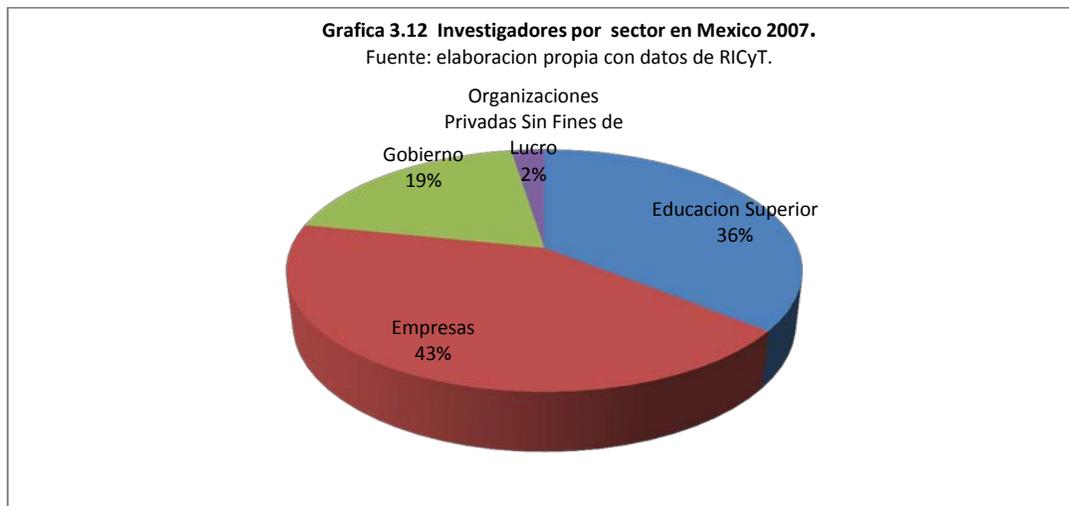
La grafica 3.10, muestra la evolución del número de titulados de doctorado en México, que ha crecido de forma importante, de 201 egresado 1990 a 4144 en el 2008, con una tasa de crecimiento promedio anual gigantesca de casi 109%.



La grafica 3.11, muestra que en el 2007 el 65% de los investigadores en América Latina y el Caribe están empleados en la educación superior, el 21.4% en las empresas, 11.4% en el gobierno y el 1.7% en las organizaciones sin fines de lucro. Mientras que en Canadá el 62% de sus investigadores están empleados en las empresas, el 31% en educación superior, el 5.8% en gobierno y el 0.5% en organizaciones sin fines de lucro. En Estados Unidos (1999) el 70% de los investigadores norteamericanos estaban empleados en sector privado, el 19% en la educación superior y el 11% el gobierno.



La grafica 3.12, muestra los investigadores por sector en México en el 2007, donde destacan las empresas que acaparan 43% del total, seguido por la educación superior con el 36% de los investigadores, posteriormente el gobierno ocupa 19% y por ultimo organizaciones privadas sin fines de lucro con un 2%.

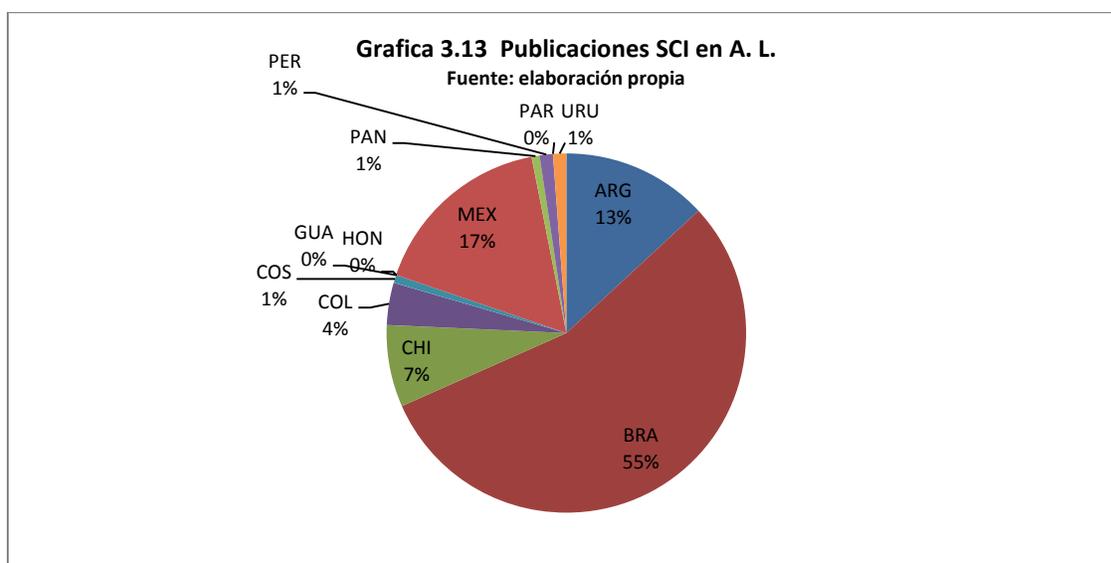


3.1.3 La productividad de la investigación en América Latina

Para medir la productividad de la investigación, se utilizan dos indicadores, uno de ciencia (bibliometría) y otro de tecnología (Patentes). La bibliometría se mide como

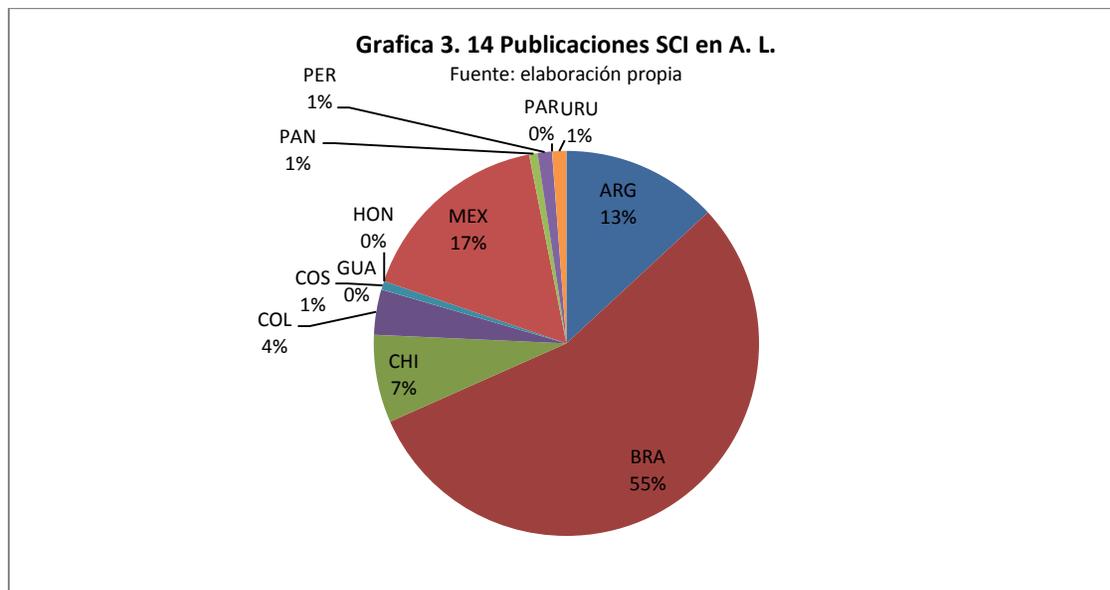
numero de publicaciones en revistas de artículos científicos y reflejan los resultados de la inversión en ciencia. Los indicadores bibliométricos cuentan y analizan varios aspectos relativos a las publicaciones en revistas, como pueden ser el número de publicaciones, de citas, que permiten conocer el estado de la ciencia en un país y coadyuvan en la toma de decisiones en política de ciencia en una nación, región.

Los artículos publicados de los investigadores de América Latina y el Caribe en el SCI fue de 4.27%, como porcentaje del global, los investigadores de Argentina publicaron el 0.55% del total global de publicaciones mientras que Brasil representa 2.32% del total de publicaciones en SCI, Chile 0.31%, Colombia 0.16, Costa Rica 0.03%, Guatemala 0.00%, Honduras 0.00%, México 0.70%, Panamá 0.03%, Perú 0.05%, Paraguay 0.00% y Uruguay 0.05%. (Grafica 3.13)



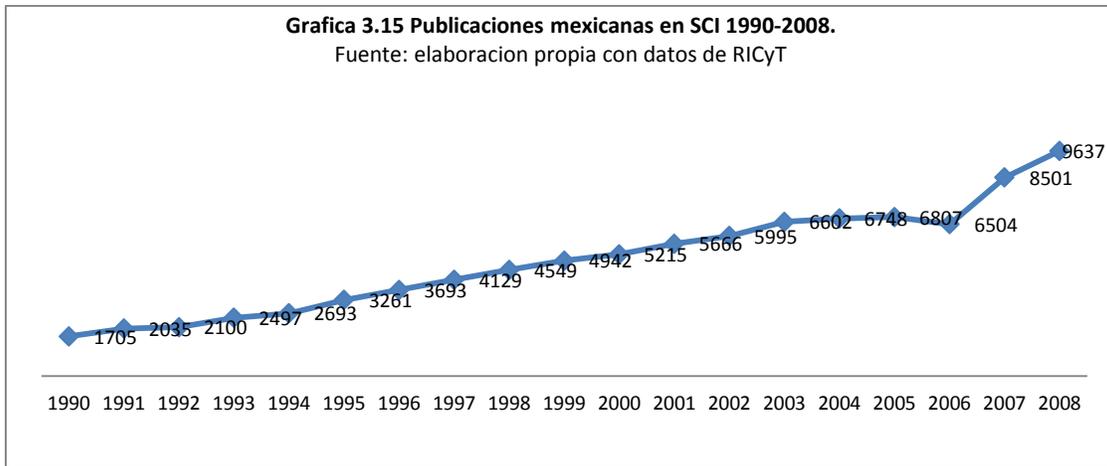
La grafica 3.14, muestra que el 55% de las publicaciones latinoamericanas en SCI corresponden a Brasil, el 17% corresponde a investigadores mexicanos, 13% a los argentinos, el 7% a los investigadores chilenos, el 4% a los

colombianos, el 1% a los costarricenses, 1% a los colombianos, 1% a los peruanos, 1% a los panameños, 1% a los uruguayos.

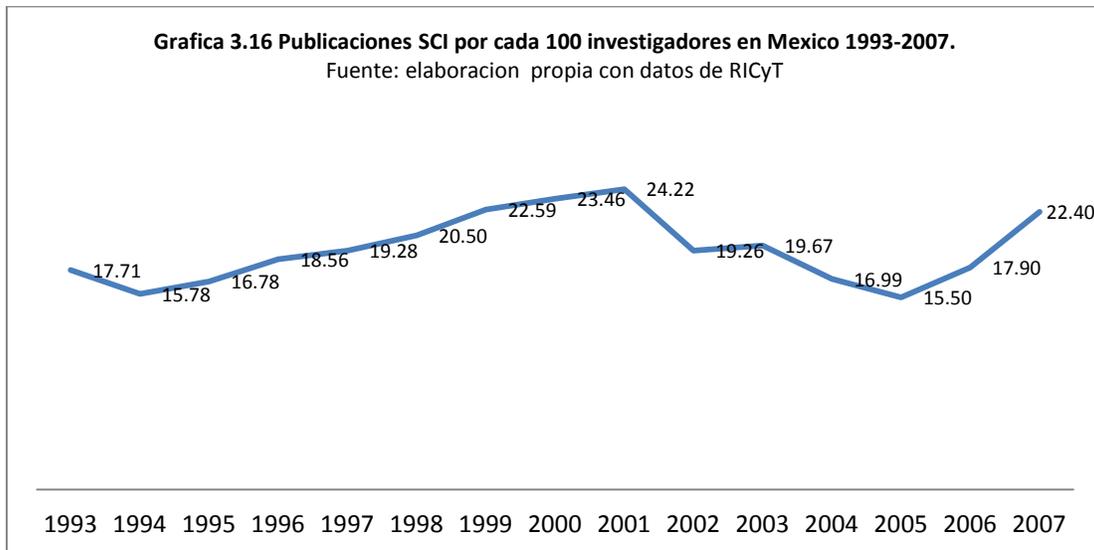


Las publicaciones de los investigadores latinoamericanos en SCI apenas representan el 4.27% del global, un porcentaje similar al de Canadá, que es de 4.23% y mucho menor a las publicaciones de los investigadores en Estados Unidos, que ostentan el 28.85% de las publicaciones globales en SCI.

La grafica 3.15, muestra el número de publicaciones científicas mexicanas que aumentan de forma considerable de 1705 publicaciones en 1990 a 9637 publicaciones en el 2008.



La grafica 3.16, muestra las publicaciones científicas por cada 100 investigadores mexicanos aumentaron de 17.71 publicaciones en promedio, en 1990 a 22.40 publicaciones científicas en el año 2007.

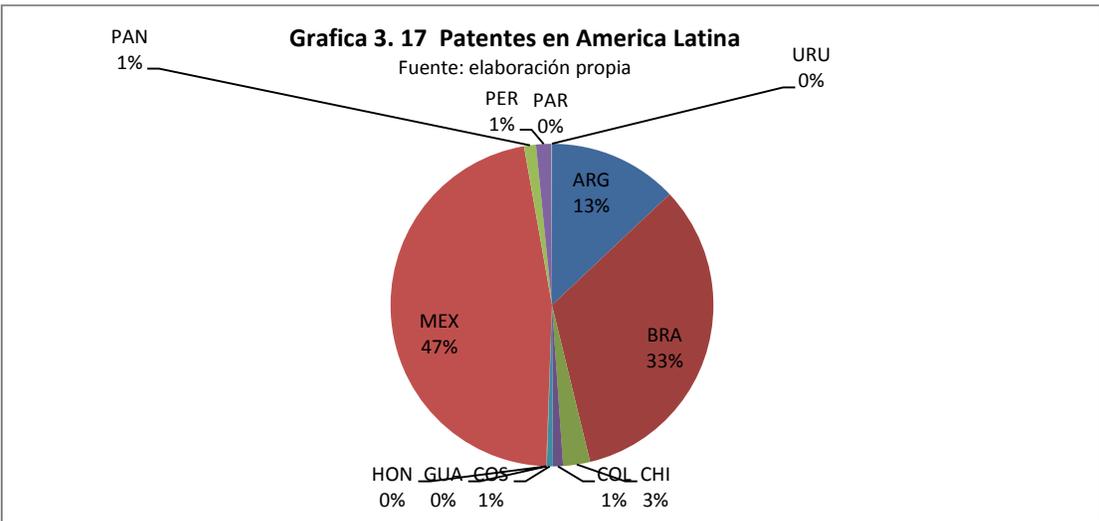


Por otra parte, el indicador más importante en actividades tecnológicas es el número de patentes en un país, este indicador refleja los logros, resultados de los recursos como el gasto en investigación y desarrollo en una nación.

La cantidad de patentes muestra el grado de innovación en un país, la productividad de su sector de investigación y una ventaja de las patentes es que otorgan el derecho exclusivo de explotar los beneficios derivados resultantes de invención de una idea.

Las patentes ofrecen grandes beneficios para quien la registra, como el acceso a nuevos mercados y la obtención de financiamiento para continuar la investigación, también significa una ventaja competitiva porque ésta se puede comercializar, vender (ceder derechos) o licenciar (permiso a terceros para su explotación).

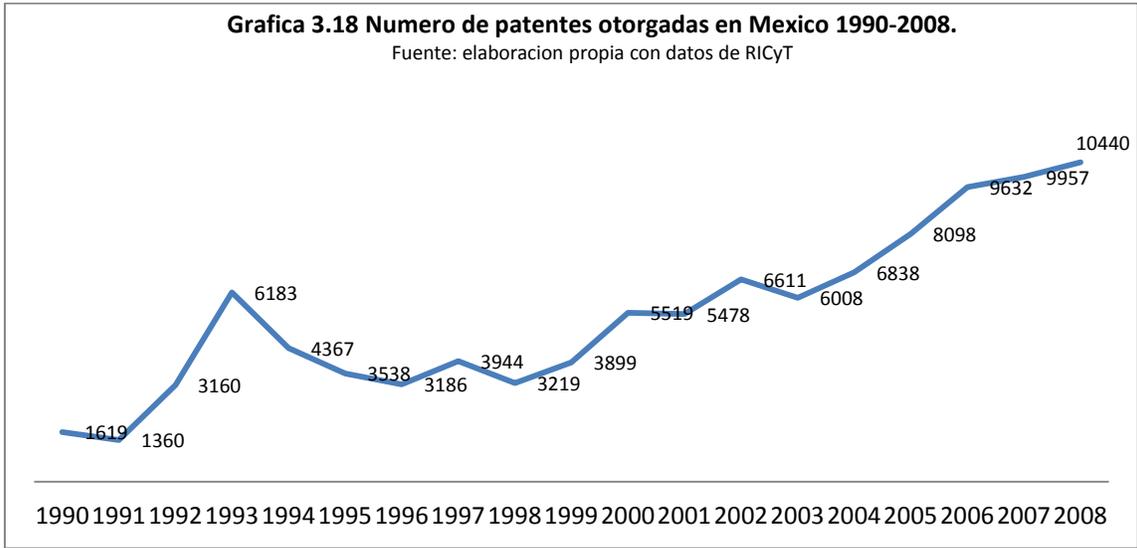
La grafica 3.17, muestra el numero de patentes otorgadas en América Latina y el Caribe en el 2007 fueron en total de 21 392, de los cuales el 16.26% otorgadas a residentes mientras que el 83.74% fueron otorgadas para no residentes. El 12.94% del total de las patentes otorgadas en América Latina y el Caribe fueron otorgadas en Argentina, en Brasil el 33.17%, Chile 2.7%, Colombia 1%, Costa Rica 0.06%, Guatemala 0.5%, Honduras 0.3%, México 46.54% del total de América Latina y el Caribe Panamá 1.2%, Perú 1.5%, Paraguay 0.05% y Uruguay 0.2%.



El número total de patentes otorgadas en América Latina y el Caribe todavía es pobre en relación a España que en el mismo año otorgó 21 823 patentes, 2% encima de América Latina y el Caribe juntos, o Canadá en el mismo año otorgó 18 550 patentes mientras que Estados Unidos se otorgaron 182 901 patentes, 93 665 para residentes y 89 233 para no residentes, o sea el 51.21% para residentes y 48.79% para no residentes.

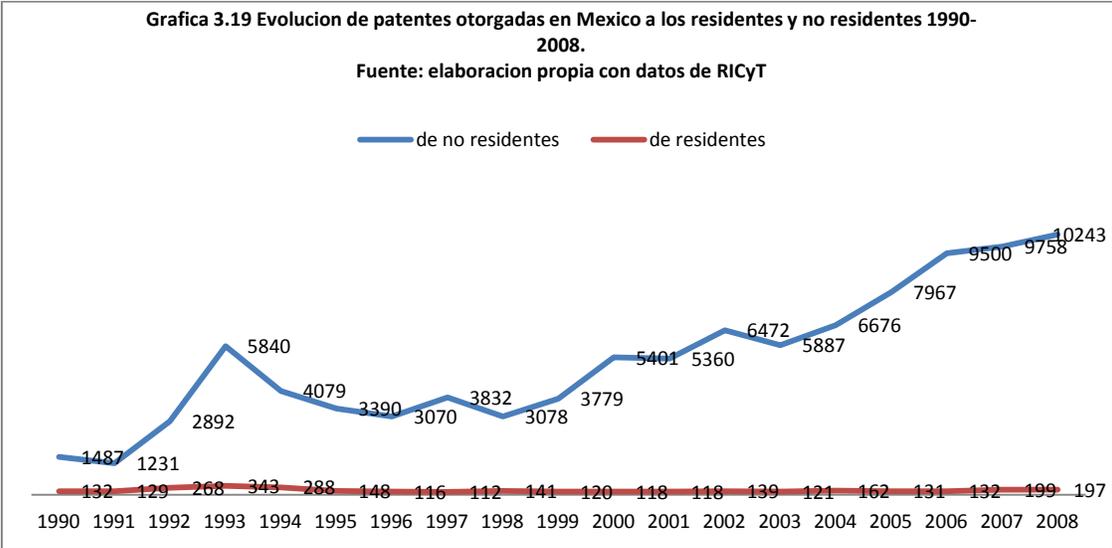
El total de patentes en América Latina y el Caribe representa el 22.83% de las patentes otorgadas a los residentes norteamericanos y tan solo el 11.69% del total de las patentes otorgadas en Estados Unidos en el mismo año.

La grafica 3.18, muestra la evolución de las patentes en México pasando 1619 en 1990 a 10440 en el 2008, en ese periodo analizado muestra una tendencia a la alza en el número de patentes otorgadas.



La grafica 3.19, muestra las grandes diferencias en número y de crecimiento entre las patentes otorgadas a residentes y no residentes, mientras

que las patentes otorgadas a no residentes han crecido de manera robusta, las patentes otorgadas a residentes se han reducido en el periodo analizado.



3.2 Difusión de la innovación tecnológica en América Latina.

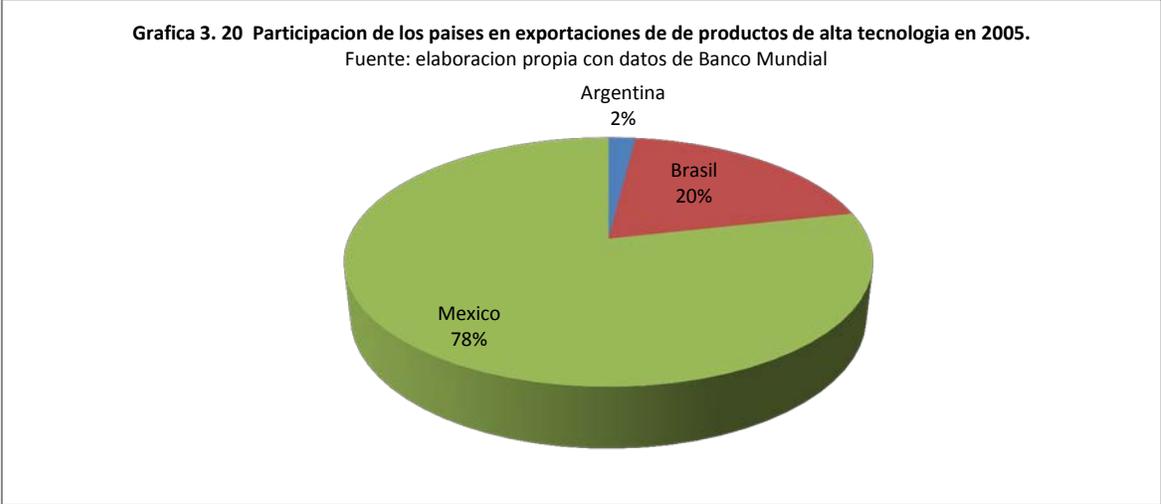
La difusión tecnológica es la última fase de la innovación tecnológica y no por eso es menos importante, es una etapa fundamental en los procesos de innovación ya que el proceso se materializa en el consumo y satisfacción de las necesidades del ser humano mediante la adquisición de las innovaciones.

En esta parte del trabajo se revisan temas importantes como el comercio de los bienes intensos en tecnología, el comercio de los bienes con alto contenido tecnológico, el asunto de la dependencia tecnológica y finalizamos el apartado con el análisis de la interrelación de los procesos de innovación tecnológica con el crecimiento de las economías latinoamericanas y la evolución de la productividad total de los factores en la región.

3.2.1 Comercio de alto contenido tecnológico.

El comercio de alto contenido tecnológico mide el valor de las exportaciones e importaciones con alto contenido de tecnología, se toma en cuenta entre el valor agregado a los bienes y la intensidad de la inversión en investigación y desarrollo. Son generalmente productos informáticos, biotecnológicos, farmacéuticos, aeroespaciales.

Las exportaciones mexicanas de productos con alto contenido tecnológico se ha incrementado en los últimos años, y es bastante significativa en relación a las exportaciones de bienes de alto contenido tecnológico de países sudamericanos de similar desarrollo, la grafica 3.20, muestra una participación del 78% del valor de las exportaciones totales de productos de alto contenido tecnológico de los tres países, mientras que Brasil representa solo 20% y Argentina apenas el 2%.



A continuación analizaremos la participación de las exportaciones de alto contenido tecnológico en el total de las exportaciones manufactureras de distintos países, primero comparando México con sus principales socios comerciales y luego con países de similar desarrollo.

El cuadro 3.1, muestra la proporción que representan las exportaciones de los bienes de alto contenido tecnológico en el total de las exportaciones manufactureras de México con sus principales socios comerciales, se nota que tiene un mayor proporción de productos de alto contenido tecnológico respecto a Canadá y menor respecto a los Estados Unidos de América.

Cuadro 3.1 Participación de PAT en total de exportaciones

País	2005	2006	2007	2008
México	20	19	17	19
Canadá	13	13	14	15
EUA	30	30	29	27

Fuente: propia con datos de Banco Mundial

El cuadro 3.2, muestra la proporción que representan las exportaciones de los bienes de alto contenido tecnológico en el total de las exportaciones manufactureras, señalando realidades bastante positivas para México, por mucho es el principal exportador de manufactura con alto contenido tecnológico en comparación con los grandes países sudamericanos, sin embargo Costa Rica se posiciona en mejores condiciones en este rubro.

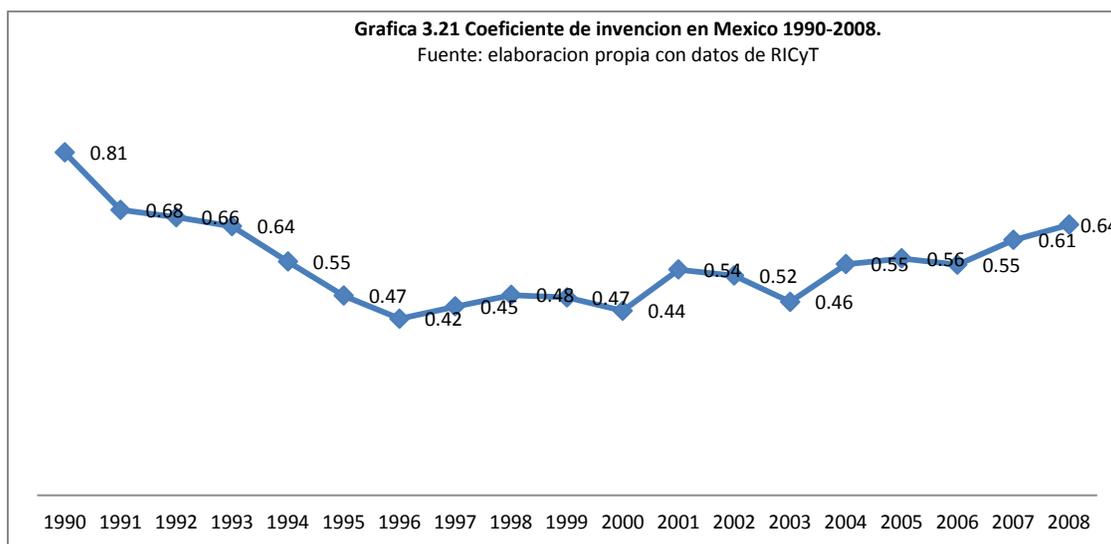
Cuadro 3.2 Participación de XAT en total de exportaciones

País	2005	2006	2007	2008
México	20	19	17	19
Argentina	7	7	7	9
Brasil	13	12	12	12
Costa Rica	38	45	45	39

Fuente: propia con datos de Banco Mundial

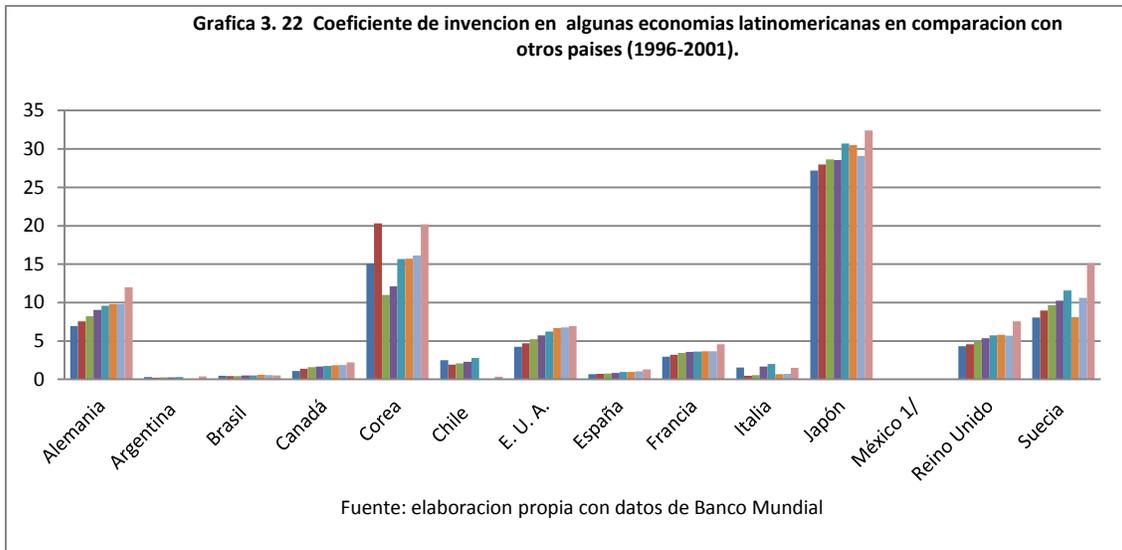
3.2.2 Dependencia tecnológica en América Latina

El coeficiente de inventiva es un referente al tratar de temas de innovación tecnológica y mide la relación entre la cantidad de patentes nacionales solicitadas por cada 10,000 habitantes. La grafica 3.21, muestra la evolución del coeficiente de inventiva en México desde 1990 al 2008, el valor máximo se alcanzó en el año 1990 con 0.81 y ha ido a la baja hasta la fecha, no se ha recuperado ese nivel.



El coeficiente de inventiva²⁴ en México es bastante bajo en comparación con otros países, como señala la figura 3.22, inclusive muy por debajo de Argentina, Brasil y uno de los más bajos del mundo.

²⁴ Mientras mayor sea el coeficiente de invención, mayor es la capacidad de generación de conocimientos e innovación en un país, mientras menor sea éste indicador, menor es la capacidad de invención.



La tasa de dependencia²⁵ el valor que resulta de la relación entre el número de solicitudes de patentes de extranjeros y el número de solicitudes nacionales. La grafica 3.23 señala la tasa de dependencia de México de 1990 a 2008 y es una de las tasas más altas del mundo.



²⁵ Este indicador si es mayor a uno, indica superioridad de las patentes solicitadas por extranjeros, mientras si es menor a uno, señala la superioridad de las patentes solicitadas por residentes nacionales.

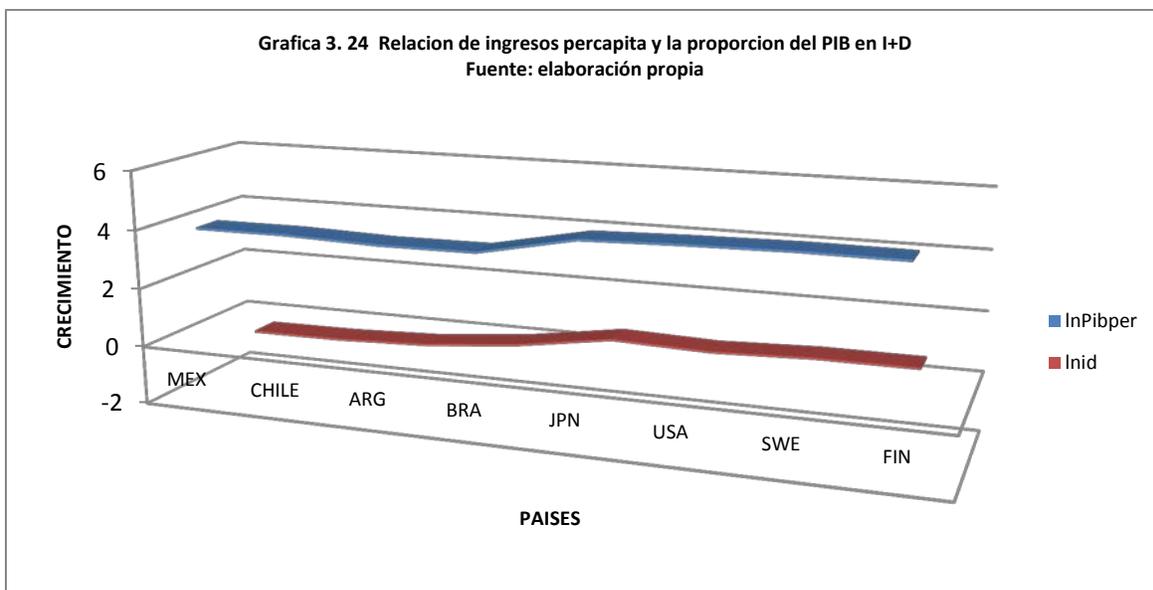
3.2.3 Procesos de innovación tecnológica y crecimiento en América Latina

Para estudiar el vínculo que tiene los procesos de innovación tecnológica con la producción, estudiamos la interrelación de la proporción del Producto Interno Bruto que invierten en investigación y desarrollo con la evolución de la productividad total de los factores en la región.

Los niveles de inversión en investigación y desarrollo son disímiles entre las naciones ricas y los países en desarrollo de América Latina, los países desarrollados invierten en Investigación y desarrollo alrededor del 3 % de su Ingreso, por ejemplo, según el Banco Mundial²⁶, en el 2007, Israel invirtió 4.5% de su ingreso, Suecia 4.2%, Finlandia 3.7%, Corea del Sur 3.5%, Japón 3.4%, EUA 2.70%, Alemania 2.60%. Países en desarrollo como China e India invierten el 1.5% y el 0.8% de su ingreso respectivamente. La grafica 3.24, muestra que a medida que aumenta la inversión en investigación y desarrollo, se incrementa también el producto interno bruto per cápita.

La grafica 3.24, muestra que existe un tendencia, que a medida que se destina una mayor inversión en investigación y desarrollo, parecen aumentar los niveles del producto interno bruto per cápita, los niveles de gasto en investigación y crecimiento del ingreso per cápita en países latinoamericanos como México, Chile, Argentina y Brasil bajos y los niveles de ingreso per cápita también; mientras que en países desarrollados como Japón, Estados Unidos, Suecia y Finlandia el gasto en investigación y desarrollo es relativamente mayor y los ingresos per cápita también en comparación a los países de América Latina, lo que parece insinuar que a medida que crece la inversión en investigación y desarrollo, crece más rápido el ingreso per cápita.

²⁶ Los datos están disponibles en la página web: <http://www.datos.bancomundial.org>



Las graficas siguientes, muestran el comportamiento de la inversión en investigación y desarrollo como proporción del PIB, el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) para las principales economías latinoamericanas: Argentina, Brasil, Chile y México.

En la grafica 3.25, se nota que en Argentina la Inversión en investigación y Desarrollo no llega al 1% como proporción del Producto Interno Bruto (PIB) del país sudamericano. En Argentina el aumento de la PTF²⁷ parece no seguir a la inversión en investigación y desarrollo, ya que la proporción de I+D respecto el PIB es insignificante.

El lector puede notar, que el gasto en investigación y desarrollo respecto al PIB ha sido casi constante en el periodo analizado, mientras que la PTF ha ido a la baja en el periodo de 1996-2001, aumenta de manera significativa del 2002-2003 y cae otra vez del 2006-2008. En general la línea de tendencia indica que en este

²⁷ Los cálculos de la Productividad Total de los Factores utilizados en las graficas son determinados siguiendo a Stiglitz (2004).

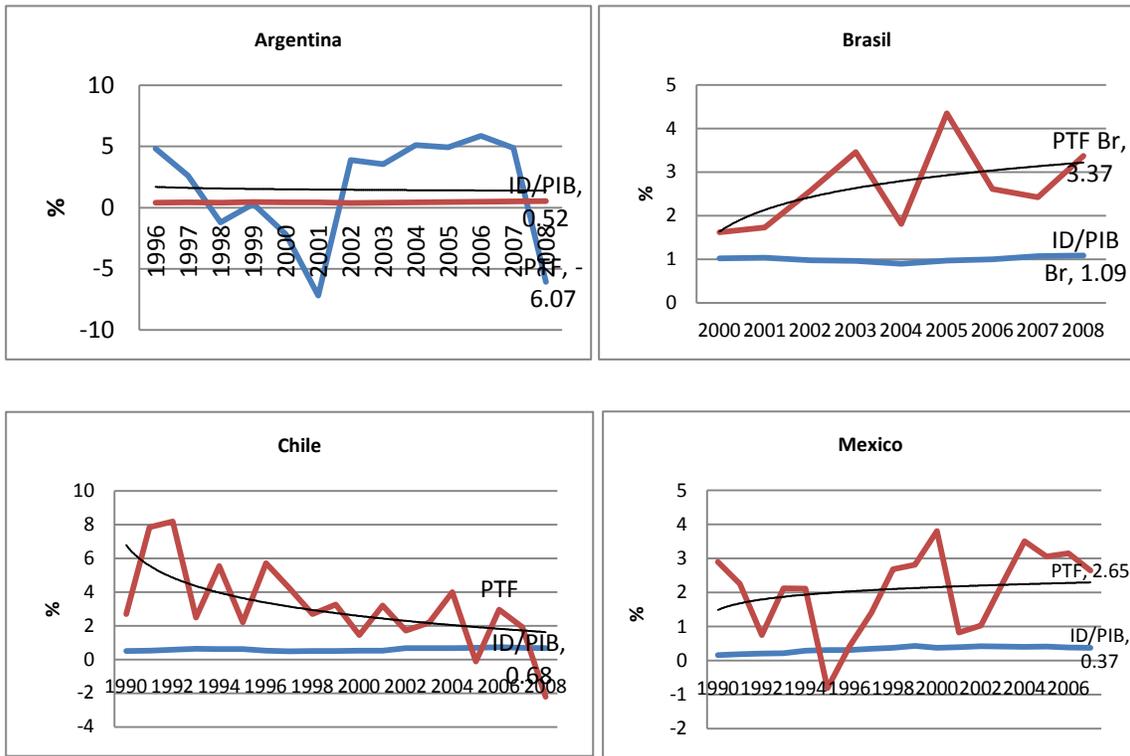
periodo ha disminuido la PTF, mientras que la I+D como proporción del PIB se mantiene casi constante.

El comportamiento de la economía brasileña es distinto a la argentina, y también el peso del gasto en investigación y desarrollo, que supera el 1% del PIB. Se puede observar que a medida que se incrementa la proporción de la inversión en I+D respecto al PIB como 2000-2001 y 2004-2008 se incrementa la PTF, y cuando disminuye dicha proporción como en el periodo del 2002-2004 cae la Productividad Total de los Factores. En el periodo analizado se observa un aumento PTF como indica la línea de tendencia. La dinámica de la Economía Brasileira sigue la predicción de la hipótesis de este trabajo, esto tal vez es atribuible a que el peso de I+D/PIB es mayor que las otras economías latinoamericanas.

En el caso chileno en general podemos decir que la proporción la inversión en I+D respecto al PIB es insignificante y que en general ha ido a la alza en el periodo analizado, mientras que el comportamiento medio de la PTF tiene tendencia a la baja.

El relación a México, en general podemos decir, que a pesar de las variaciones importantes de la PTF, el comportamiento generalizado del periodo 1990-2007, es a la alza, como indica la línea de tendencia, mientras más se gasta en investigación y desarrollo como proporción del ingreso. Aunque la proporción de I+D/PIB ha ido en aumento, sigue siendo muy inferior a países desarrollados e inclusive a naciones de similar desarrollo como Brasil, Chile y China.

Grafica 3.25 Proporción de I+D respecto al PIB y el crecimiento de PTF de algunos países latinoamericanos.

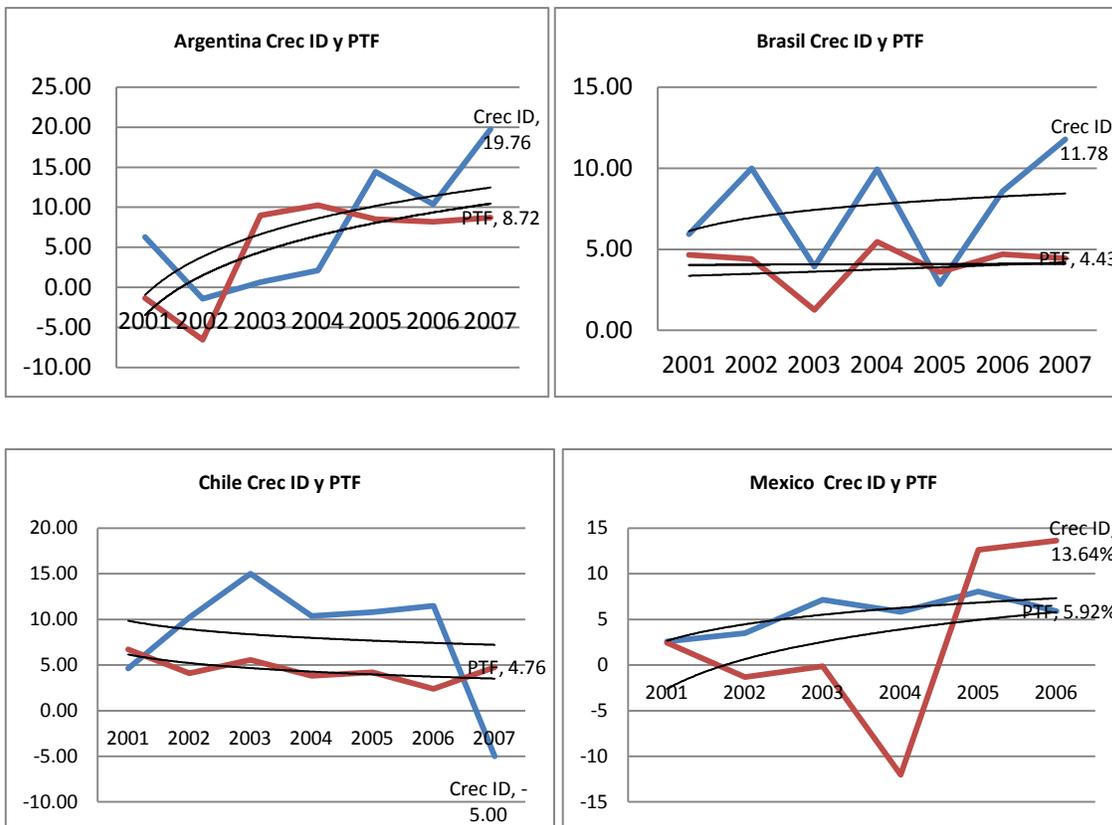


Fuente: elaboración propia con datos de Red Iberoamericana de indicadores de Ciencia y Tecnología 2011.

La grafica 3.26, muestra las tasas de crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo con el crecimiento de la productividad total de los factores en las economías más importantes de América Latina y el Caribe. En la Argentina se puede apreciar una tendencia general del crecimiento de la inversión en el desarrollo científico y tecnológico que tiende a impulsar el crecimiento de la productividad total de los factores.

En México y Brasil la tendencia es similar a la Argentina, un aumento de las tasas de crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo que impulsa el crecimiento de la productividad total de los factores. En Chile ocurre lo contrario, una tendencia a la baja de la tasa de crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo que provoca una tendencia negativa en la productividad total de los factores, la evidencia empírica coincide con las predicciones de la teoría del crecimiento endógeno.

Grafica 3.26 Dinámica del crecimiento de la inversión en I+D y el aumento de la PTF.



Fuente: elaboración propia con datos de la Red Iberoamericana de indicadores de Ciencia y Tecnología 2011.

En general podemos observar siguiendo las líneas de tendencia que a medida que crece la inversión en investigación y desarrollo aumenta la productividad total de los factores como el caso de Argentina, Brasil y México. Mientras que en Chile hay una disminución de la tasa de crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo acompañada por una tendencia de disminución de la PTF y se comprueba el cumplimiento de la hipótesis de esta investigación.

Podemos resumir en esta sección que pese a los incrementos en la inversión en investigación y desarrollo en la región, todavía el esfuerzo es pobre

en comparación con los países más desarrollados e inclusive en comparación con China, la intensidad de la investigación se podrá elevar para aumentar la productividad en la región y así como los niveles de vida de la población latinoamericana.

El aumento de la inversión en investigación y desarrollo en América Latina debe ser un objetivo fundamental para los políticos y tomadores de decisión para fomentar el crecimiento económico, el empleo y el bienestar de la población.

Capítulo IV. Procesos de innovación tecnológica y crecimiento en América Latina. Análisis de datos de panel.

En éste capítulo, se comprueba la hipótesis de esta investigación, y para ello, se plantea un modelo que explica mejor el impacto de los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento económico en América Latina. En éste capítulo, responderemos a interrogante ¿Qué impacto tienen los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento de la economías latinoamericanas?

El capítulo, estará desglosado en varias secciones. La primera incluye, la información y estadística de variables, las fuentes de datos y definición de variables, las pruebas de raíces unitarias y de cointegración, finalmente las pruebas de causalidad de Granger de las variables seleccionadas con el producto.

La segunda sección del capítulo se dedica al análisis econométrico, planteamiento del modelo de datos de panel, análisis de resultados de las estimaciones para el crecimiento y para la productividad total de los factores respecto a las variables de los procesos de innovación tecnológica en América Latina, finalmente las conclusiones y recomendaciones, así como las referencias bibliográficas.

4.1 Información y análisis estadístico

Esta parte del trabajo será desglosada en varios apartados, el primero se dedica a presentar las fuentes de información y la definición de variables, posteriormente se realiza un estudio de raíces unitarias de las variables, se estudia la cointegración y se hacen las pruebas de causalidad entre las variables que se utilizaran en el modelo.

4.1.1 Descripción estadística de variables.

Los datos que se utilizan en este trabajo son obtenidos del (Banco Mundial, 2011)²⁸, el PIB es la variable dependiente y el resto serán las variables independientes, todas expresadas en dólares estadounidenses de la paridad del poder adquisitivo del 2000, excepto las variables como el trabajo y patentes que están medidas en unidades. Se dispone de datos de panel balanceado con el objetivo de estimar un modelo dinámico, el periodo se encuentra restringido a la disponibilidad de datos, el panel incluye doce países de América Latina²⁹ para el periodo entre 1996-2008.

El cuadro 4.1, muestra las notaciones de las variables utilizadas en este trabajo, que son el producto interno bruto, capital, trabajo, la inversión en investigación y desarrollo, las patentes otorgadas, las exportaciones con alto contenido tecnológico, así como sus promedios, las desviaciones estándar, los niveles máximos y mínimos.

Cuadro 4.1 Notación y estadísticas de variables

Variable	Notación	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo
Producto Interno Bruto	PIB	$1.60e^{11}$	$2.33e^{11}$	$6.34 e^9$	$8.54 e^{11}$
Capital	K	$3.07e^{10}$	$4.39e^{10}$	$1.28 e^9$	$1.58 e^{11}$
Trabajo	L	$3.62 e^7$	$5.07 e^7$	2727291	$1.92 e^8$
Inversión investigación y desarrollo	ID	$1.68e^{10}$	$1.70e^{11}$	743909	$2.11 e^{10}$
Patentes	PAT	28080	29452	11	119841
Exportaciones alta tecnología	XAT	$3.00 e^9$	$7.84 e^9$	73 123	$3.57 e^{10}$
Productividad total factores	PTF	0.025	0.025	-0.076	0.109

Fuente: elaboración propia

La teoría predice que el crecimiento de PTF varía proporcionalmente con la intensidad del gasto en investigación y desarrollo, en especial, pone

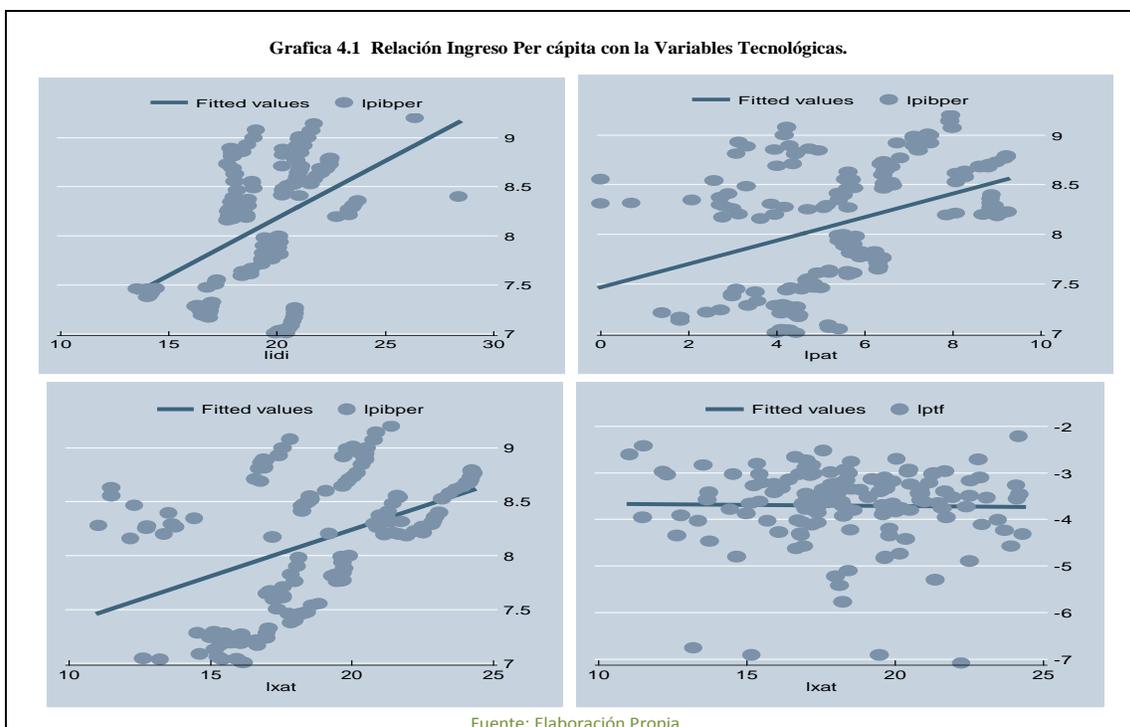
²⁸ WorldDevelopment indicators2010 <http://127.0.0.1:5051/wdi2010/WDI2010book/Homepage.html>

²⁹ Los doce países son: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay.

énfasis, la teoría del crecimiento endógeno schumpeteriano, los niveles de inversión en investigación y desarrollo son disímiles entre las naciones ricas y los países en desarrollo, y basta con revisar al capítulo anterior de esta investigación para darse cuenta de las diferencias abismales.

La proporción del producto interno bruto que se destina a la inversión en investigación y desarrollo, al parecer tiende a aumentar el ingreso per cápita, los países latinoamericanos como Argentina, Chile y México destinan alrededor del 0.50% de su ingreso al gasto en investigación como promedio; mientras que los países ricos como Estados Unidos, Japón, Suecia, Finlandia, destinan alrededor del 3% de su producto a las actividades de investigación en el año 2008. La grafica siguiente señala la relación del ingreso per cápita con la inversión en investigación y desarrollo, con el numero de patentes, las exportaciones de alto contenido tecnológico y la productividad total de los factores.

La grafica 4.1, muestra que el incremento de las variables tecnológicas tiene un impacto positivo en el aumento del ingreso real per cápita, la grafica superior izquierda señala que a medida que se incrementa la inversión en investigación y desarrollo, aumenta también el ingreso per cápita, la grafica superior derecha indica que a medida que aumenta el número de patentes, también lo hace el ingreso per cápita; la grafica inferior izquierda muestra que un incremento de las exportaciones con alto contenido tecnológico provoca un aumento del ingreso per cápita y la ultima grafica inferior derecha señala que las exportaciones de alto contenido tecnológico tienen apenas efectos en la productividad total de los factores.



Podemos resumir en esta sección que pese a los incrementos en la inversión en investigación y desarrollo en la región, todavía el esfuerzo es pobre en comparación con los países más desarrollados e inclusive en comparación con China³⁰, de la grafica 2 podemos inferir el mayor impacto que tiene la inversión en investigación y desarrollo en el aumento del producto per cápita; en comparación con el numero de patentes y las exportaciones con alto contenido tecnológico.

Incrementar la intensidad de la investigación tenderá a aumentar la productividad en la región, contribuir al crecimiento económico, así como los niveles de vida de la población latinoamericana. El aumento de la inversión en investigación y desarrollo en América Latina debe ser un objetivo fundamental para los políticos y tomadores de decisión para fomentar el crecimiento económico, el empleo y el bienestar de la población

³⁰ China un país con menor ingreso per cápita que la mayoría de los países que objetos de estudio, gastan el 1.5% de su PIB en investigación y desarrollo.

4.1.2 Estimaciones de raíces unitarias y cointegración

Una serie estacionaria se caracteriza por tener una media constante, que no varía con el tiempo, una varianza también constante y finita, con efectos transitorios de una perturbación aleatorio. Gráficamente son series que tienden a volver a su media y cruzarla repetidamente, fluctuando a su alrededor con una amplitud relativamente constante, la literatura econométrica clásica se basa en que las variables son estacionarias, Gujarati (2009).

La cointegración significa que a pesar de que las series no son estacionarias en un nivel individual, una combinación lineal de dos o más series de tiempo puede ser estacionaria, éste fenómeno se puede concebir como la diferencia estacionaria, entre un par de series; y añade que dos o más series son no estacionarias de orden $I_{(1)}$, son cointegradas si existe una combinación lineal de esas series que sea estacionaria o de orden $I_{(0)}$. El vector de coeficientes que crean esta serie estacionaria es el vector cointegrante, Wooldridge (2011).

El fenómeno de cointegración está relacionada con causalidad y sentido de causalidad entre variables y también está relacionada con predicciones y pronósticos. La cointegración también significa que a pesar de que las variables individualmente no causan la variable explicada, una combinación o integración de dos o más variables, puede resultar más robusto y así explicar a los cambios en la variable dependiente.

Dos series son cointegradas si se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo, y las diferencias entre ellas son estables (estacionarias), la cointegración refleja la convergencia de la economía en un equilibrio en el largo plazo, las diferencias (termino de error) representan el error de desequilibrio en cada punto del tiempo.

Desde el punto de vista económico significa que ciertas variables no deben alejarse mucho, unas de otras en el largo plazo, tales variables pueden alejarse en el corto plazo pero existen fuerzas económicas, ya sea mecanismos de mercado o intervenciones del gobierno, que tienden a juntarlas en el largo plazo. Granger (2003) si dos series estaban cointegradas al menos una de ellas debía causar a la otra.

El cuadro 4.2, muestra las estimaciones de estacionariedad y de cointegración, en la estimación (Es01) se examina si existe raíz unitaria de las series del PIB y las variables tecnológicas, obteniendo un ADF bastante negativo y un nivel de significancia menor a 0.05, esto indica que se rechaza la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria y por tanto las series son estacionarias, esto evidencia la existencia de causalidad entre los procesos de innovación tecnológica y el producto interno bruto.

En la estimación (Es02) se prueba la estacionariedad de las series de inversión en investigación y desarrollo con la productividad total de los factores y la evidencia muestra que las series son estacionarias, ya que, ADF es negativo y la probabilidad es menor a 0.05, esto señala y refuerza la hipótesis de nuestro trabajo, de existencia de la causalidad entre el PTF o progreso técnico con la inversión en investigación y desarrollo. También muestra que hay una estabilidad de las variables en el largo plazo y que una de ellas causa a la otra como pronostica nuestro trabajo, que la inversión en investigación y desarrollo causa el incremento de la productividad total de los factores.

Seguido por una prueba de cointegración de residuos de Pedroni entre el producto y las variables tecnológicas, donde obtuvimos un ADF negativo y probabilidad menor a 0.05, indicando que debemos de rechazar la hipótesis nula de no existencia de cointegración entre las variables y por tanto si existe cointegración entre el producto interno bruto y las variables tecnológicas, esto

pone en evidencia la existencia de causalidad entre los procesos de innovación tecnológica y el producto interno bruto.

Posteriormente estimamos cointegración Pedroni entre las variables tecnológicas donde rechazamos la hipótesis nula de la no existencia de cointegración entre las variables, y por tanto hay cointegración entre PTF y los procesos de innovación tecnológica. Al final, las estimaciones de cointegración con los métodos de Johansen-Fischer y Kao, muestran que existe cointegración en el principal motor de la economía (progreso técnico) y la inversión en investigación y desarrollo.

Cuadro 4.2 Estimaciones de raíz unitaria y cointegración (1996-2008)

Test	Hipótesis nula	Series	ADF	Prob.	Observaciones	
Es01	Raíz unitaria	Existe raíz unitaria	PIB, I+D, XAT, PATENO, MR	-8.79	0.00	Se rechaza H_0
Es02	Raíz unitaria	Existe raíz unitaria	A, I+D	-4.49	0.00	Se rechaza H_0
Es03	Pedroni Conintegración	No cointegración	PIB, I+D, XAT, PATENO, MR	-3.27	0.00	Se rechaza H_0
Es04	Pedroni Conintegración	No cointegración	I+D, XAT, MR, PATENO	2.96	0.00	No se rechaza H_0
Es05	Pedroni Conintegración	No cointegración	A, I+D, XAT, MR, PATENO	-2.52	0.01	Se rechaza H_0
Es06	Johansen-Fischer	No cointegración	A, I+D	(52.8)	0.00	Se rechaza H_0
Es07	Kao conintegración	No cointegración	A, I+D	-3.07	0.00	Se rechaza H_0

Fuente: elaboración propia

Podemos concluir en esta parte del trabajo, que tanto las pruebas de raíz unitaria y las de cointegración evidencian la existencia de causalidad entre los procesos de innovación de tecnológica y la productividad total de los factores, por otra parte la causalidad entre los procesos de innovación tecnológica con el producto interno bruto, lo que confirma favorablemente la hipótesis de nuestro trabajo.

4.1.3 Pruebas de causalidad de Granger

La causalidad de Granger es un análisis fundamental para detectar relación entre variables, la prueba consiste en establecer la hipótesis nula de que no existe causalidad entre dos variables, el criterio de rechazo se basa en detectar el valor del estadístico t y el nivel de significancia, se rechazan los estadísticos t que tienen asociados niveles de significancia menores o iguales a 0.05. A continuación se hacen pruebas de causalidad para las distintas variables de interés para ésta investigación.

El cuadro 4.3, muestra la prueba de causalidad entre todas las variables de interés con distintos rezagos, encontramos importantes hallazgos. Esto es, que en el corto plazo (hasta tres años) el producto interno bruto, capital son los que impulsan las variables tecnológicas (patentes otorgadas, investigación y desarrollo, marcas registradas y exportaciones de alta tecnología). Mientras que las variables tecnológicas impulsan al producto, capital y trabajo en mediano plazo.

Cuadro 4.3 Causalidad de Granger en el periodo (1996-2008)

Rezagos	Hipótesis	Prob.	Observaciones
Retardo 0	PIB no causa PATENO	0.01	Se Rechaza H_0
	L no causa ID	0.05	Se Rechaza H_0
	K no causa PATENO	0.01	Se Rechaza H_0
Retardo 1	PIB no causa PATENO	0.01	Se Rechaza H_0
	ID no causa PATENO	0.04	Se Rechaza H_0
	ID no causa K	0.05	Se Rechaza H_0
	L no causa ID	0.05	Se Rechaza H_0
Retardo 2	K no causa PATENO	0.01	Se Rechaza H_0
	PIB no causa PATENO	0.01	Se Rechaza H_0
	L no causa ID	0.05	Se Rechaza H_0
Retardo 3	K no causa PATENO	0.01	Se Rechaza H_0
	K no causa PATENO	0.03	Se Rechaza H_0
Retardo 4	ID no causa PATENO	0.00	Se Rechaza H_0
	PATENO no causa Cause L	0.02	Se Rechaza H_0
Retardo 5	ID no causa PIB	0.04	Se Rechaza H_0
	ID no causa PATENO	0.05	Se Rechaza H_0

Fuente: elaboración propia

Del análisis de Granger podemos deducir que en el corto plazo la producción y sus factores (capital y trabajo) impulsan los procesos de innovación

tecnológica; mientras que los procesos de innovación tecnológica impulsan el producto interno bruto en el mediano y largo plazo. Esto evidencia de manera afirmativa la hipótesis de nuestro trabajo especificando el tiempo en que los procesos de innovación tecnológica impulsan el producto con rezagos de tres años.

4.2 Análisis econométrico

Este epígrafe lo dividiremos en dos partes, la primera estará dedicada a la teoría de datos de panel, planteamiento del modelo y la segunda parte de la sección mostraremos los principales resultados, interpretaremos y analizaremos las estimaciones de datos de panel tanto estático como dinámico.

4.2.1 Planteamiento del modelo

El uso del análisis de panel es cada vez más frecuente, ya que es muy útil para la investigación aplicada, los datos de panel son una muestra de características que tienen los países, individuos, a lo largo del tiempo. El panel relaciona datos de cortes transversales³¹ durante varios períodos de tiempo. El modelo general que pretendemos estimar es el siguiente:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + u_{it} \quad (4.1)$$

Las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) estarán sesgadas y para solucionarlo se proponen modelos alternativos a la regresión agrupada mediante el anidamiento de los datos: panel de efectos fijos (EF) y panel de efectos aleatorios (EA), que comentaremos más adelante.

El uso de datos de panel presenta varias ventajas porque tiene mayor número de observaciones, más y mejor información, admite mayor número de

³¹ información de varios países, individuos en un momento dado.

variables y menos multicolinealidad entre datos de las variables explicativas, mayor eficiencia en la estimación, y se puede hacer un seguimiento de cada país, individuo o unidad de observación. También alivia el problema de variables omitidas, ya que se pueden eliminar por diferencia las que no cambian en el tiempo³².

Los datos de panel también presenta desventajas ya que los datos son más complejos, no se trata la heterogeneidad o las individualidades, si todas las cualidades del país no son observables entonces los errores estarán correlacionados con las observaciones y los MCO serán inconsistentes. El modelo de efectos fijos implica menos suposiciones sobre el comportamiento de los residuos. Supone que el modelo a estimar es ahora:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

Consideramos que $\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$, luego reemplazando en (4.2) queda:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \quad (4.3)$$

Es decir, supone que el error ε_{it} puede descomponerse en dos partes, una parte fija, constante para cada país v_i y otra aleatoria u_{it} que cumple los requisitos MCO ($\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$), lo que es equivalente a realizar una regresión general y dar, a cada individuo un punto de origen (ordenadas) distinto.

El modelo de efectos aleatorios tiene la misma especificación que el de efectos fijos con la salvedad de que v_i , en lugar de ser un valor fijo para cada individuo y constante a lo largo del tiempo es una variable aleatoria con un valor

³² Para un análisis más detallado revisar más ventajas de datos de panel revisar (Baltagi, 1995).

medio v_i y una varianza $\text{Var}(v_i) \neq 0$. Es decir la especificación del modelo es igual a (4.3).

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \quad (4.4)$$

Salvo que ahora v_i es una variable aleatoria. Este modelo es más eficiente³³ pero menos consistente que el de efectos fijos. Para la estimación de datos de panel dinámico se utiliza el Método Generalizado de Momentos (MGM) desarrollado inicialmente por Arellano y Bond (1991), El estimador MGM en diferencia extendido por Arellano y Bover (1995), se basa en regresiones en diferencias para controlar los efectos inobservables, luego, usan observaciones previas de las variables explicativas y rezagos de las variables dependientes como instrumentos.

El MGM en diferencias tiene limitaciones o desventajas como demuestran Blundell y Bond (1998), cuando las variables explicativas son persistentes en el tiempo, los niveles rezagados de estas variables son instrumentos débiles para la ecuación en diferencias. Por otra parte sesga los parámetros si la variable con su rezago (en este caso el instrumento) está muy cerca de tener persistencia.

Estos autores proponen introducir nuevos momentos sobre la correlación de la variable rezagada y el término del error, se agrega la condición de covarianza entre la variable dependiente rezagada y la diferencia de los errores, como también el cambio en la variable dependiente rezagada y el nivel de errores sea cero. El estimador MGM en sistema utiliza un conjunto de ecuaciones en diferencias que son instrumentalizadas con los rezagos de las ecuaciones en niveles; relacionado con un conjunto de ecuaciones en niveles instrumentalizadas con los rezagos de las ecuaciones en diferencias, Bond (2002).

³³ la varianza de la estimación es menor

En el estimador MGM en sistema se imponen suficientes condiciones de ortogonalidad para asegurar estimadores consistentes de los parámetros aun con problemas de endogeneidad y con efectos individuales-país inobservados. Este estimador será utilizado para estimar los parámetros y fue desarrollado por Arellano y Bover (1995); Blundell y Bond (1998) ya que presenta la ventaja sobre otros estimadores como EF y otros, es que no sesga los parámetros en muestras pequeñas o en presencia de endogeneidad. El estimador MGM óptimo tiene la siguiente forma:

$$\hat{\theta}_{GMM} = \begin{pmatrix} \hat{\alpha}_{GMM} \\ \hat{\beta}_{GMM} \end{pmatrix} = \left[(y_{-1}^*; x^*)' z^* V_N^{-1} z^* \begin{pmatrix} y_{-1}^* \\ x^* \end{pmatrix} \right]^{-1} [(y_{-1}^*; x^*)' z^* V_N^{-1} z^* y^*] \quad (4.5)$$

La ecuación (4.5) es un sistema que consiste en una regresión contiene de forma conjunta información en niveles y en diferencias, con las condiciones de momentos:

$$E[X_{i,t=s}(v_{it} - v_{i,t=1})] = 0, \text{ para } s \geq 2; t = 3, \dots, T \quad (4.6)$$

Aplicadas a la primera parte del sistema, la regresión en diferencias y las condiciones de momentos, que siguen, aplicadas a la segunda parte o sea, regresión en niveles:

$$E[(X_{i,t=s} - X_{i,t=s-1}) * (v_{it} - v_i)] = 0, \text{ para } s = 1; t = 3, \dots, T \quad (4.7)$$

Los rezagos de las variables en niveles son usados como instrumentos en la regresión en diferencias, solo las más recientes diferencias son usadas como instrumentos en la regresión en niveles. El modelo genera consistentes y eficientes coeficientes estimados, o también información en diferencias de la manera:

$$y_i^* = \alpha y_{i-1}^* + \beta x_i^* + v_i^* \quad (4.8)$$

El componente de error v_i^* proceden de ambos modelos, tanto de niveles como de diferencias, que podemos definir, como:

$$v_i^* = \begin{bmatrix} \Delta v_i \\ u_i \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} \Delta v_i = [\Delta v_{i3}, \Delta v_{i4}, \dots, \Delta v_{iT}] \\ u_i = [\Delta u_{i2}, \Delta u_{i3}, \dots, \Delta u_{iT}] \end{cases} \quad (4.9)$$

La matriz de instrumentos para el modelo en diferencias, incluye información sobre las variables explicativas y el rezago de la variable dependiente:

$$Z_i = \begin{bmatrix} y_{i0} & x_i^2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & y_{i0}y_{i1} & x_i^3 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & y_{i0}y_{i1}y_{i2} & \dots & y_{T-2}x_i^T \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

Mientras que la matriz de instrumentos para la ecuación en niveles solo entran las variables explicativas sin la variable dependiente rezagada:

$$Z_i = \begin{bmatrix} x_i^2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_i^3 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & x_i^4 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x_i^T \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

Finalmente la matriz de instrumentos toma la siguiente forma y es la que se incluye en el estimador MGM:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ \vdots \\ Z_N \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Y la matriz V_N es la matriz de covarianza de las restricciones de momentos valida para el caso óptimo:

$$V_N = E[Z' \Delta v \Delta v' Z] \quad (4.13)$$

Pruebas adicionales para asegurar el buen funcionamiento de GMM sugeridas por Arellano Bond, las pruebas de autocorrelación 1er y 2do orden, el Test de Sargan de sobreidentificación es una prueba necesaria que complementa como dice Arellano y Bond, el buen funcionamiento del MGM, que es:

$$s = \hat{v}' Z \left[\sum_{i=1}^N Z_i' \hat{v} \hat{v}' Z_i \right]^{-1} Z' \hat{v} \sim \chi^2(p - k - 1) \quad (4.14)$$

La prueba tiene una distribución χ^2 , donde \hat{v} es el vector de residuos, Z numero de condiciones impuestas, k el número de parámetros incluidos en el vector β , p número de columnas de la matriz Z. El Test Sargan examina de la validez global de los instrumentos por analizar la muestra análoga a las condiciones de momentos utilizados en la estimación. Luego se examina la existencia de la autocorrelación serial de segundo orden del término de error diferenciado, la cual tiene una distribución normal, y se prueba bajo la hipótesis nula de no correlación de segundo orden.

4.2.2 Análisis de resultados

El objetivo de esta sección es analizar la información en un modelo de datos de panel que permite estudiar dos aspectos de importancia cuando se trabaja con este tipo de información y que forman parte de la heterogeneidad no observable: los efectos individuales específicos y los efectos temporales. En lo que se refiere a los efectos individuales específicos, son aquellos que afectan de

manera desigual a cada uno de los países seleccionados en la muestra que son invariables en el tiempo y que afectan de manera directa las decisiones que tomen dichas unidades (Wooldrige, 2011). Usualmente se identifica este tipo de efectos con cuestiones de política en cada uno de los países, solidez de instituciones, eficiencia acceso a la tecnología, entre otros.

Los efectos temporales son aquellos que afectan por igual a todas las unidades individuales, éste tipo de efectos pueden asociarse, por ejemplo, a los choques macroeconómicos, crisis económicas que pueden afectar por igual a todos los países de la región, objetos de estudio.

Nuestro estudio se centra en una muestra de doce países latinoamericanos³⁴: México, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay; teniendo en cuenta las variables como el producto interno bruto, el capital, trabajo, productividad total de los factores, la inversión en investigación y desarrollo, el numero de patentes otorgadas en cada país, las exportaciones de alto contenido tecnológico del periodo analizado de 1996 al 2008, contando con 144 observaciones, se estimó un panel balanceado en el paquete econométrico, Stata, los principales resultados que se obtuvieron son muestran en los siguientes cuadros.

El cuadro 4.4, muestra los resultados de cuatro estimaciones de datos de panel estático, la primera columna señala que la variable dependiente es el logaritmo del producto interno bruto per cápita real, las variables explicativas como el logaritmo de la inversión en investigación y desarrollo per cápita, el logaritmo del numero de patentes per cápita, el logaritmo de las exportaciones con alto contenido tecnológico per cápita, el coeficiente de determinación, la prueba del multiplicador de Lagrange, posteriormente la prueba de Hausman, número de países y observaciones de la muestra; la segunda columna muestra las

³⁴ En la investigación se analiza una muestra de doce naciones cuatro países grandes, cuatro medianos y cuatro pequeños, con ello obtener una muestra representativa y estudiar de la relación innovación en crecimiento en la región latinoamericana.

estimación por mínimos cuadrados ordinarios que indica coeficientes positivo y significativos de la inversión en investigación, mientras que arroja signos negativos pero tampoco significativos de las demás variables tecnológicas, es decir, patentes y exportaciones con alto contenido tecnológico; mientras que la R^2 es bastante alta de 0.9969.

La tercera columna del cuadro anterior muestra los resultados de las estimaciones Between (BE)³⁵, en las cuales ninguna de las variables de interés fuera significativa y un signo positivo esperado de la inversión en investigación, mientras un signo negativo no esperado de las patentes y exportaciones con alto contenido tecnológico, la R^2 es muy alta de 0.9999. La cuarta columna señala los resultados de la estimación con EF un signo positivo y significativo para la inversión en investigación y desarrollo, mientras que la exportaciones tiene signo positivo esperado, pero no significativo, las patentes muestran signo negativo no esperado, pero tampoco es significativo, la R^2 es de 0.8743.

La última columna muestra los resultados de la estimación por EA, indica signo positivo y significativo para la inversión en investigación y desarrollo; mientras signos negativos no esperados pero tampoco significativos para las patentes y las exportaciones con alta tecnología. la R^2 es de 0.9998. Posteriormente se presenta la prueba del multiplicador de Lagrange que arroja un $\text{prob} > \chi^2 = 0.3259$, que indica que la estimación por efectos aleatorios es preferible a mínimos cuadrados ordinarios; posteriormente se presenta la prueba de Hausman con $\text{prob} > \chi^2 = 0.1083$ indicándonos que la estimación por EA es preferible a la estimación por EF.

³⁵ Between es una estimación de corte trasversal utilizando medias de las variables.

Cuadro 4.4 Estimaciones de datos de panel estático

Variable Dep: Lpibper	MCO	BE	EF	EA
lidiper	0.0038495 (0.026)	0.0014489 (0.471)	0.0076979 (0.013)	0.0038495 (0.026)
lpatper	-0.0036269 (0.222)	-0.0039617 (0.328)	-0.0024733 (0.556)	-0.0036269 (0.222)
lxtatper	-0.0969727 (0.205)	-0.0022925 (0.179)	0.0036648 (0.482)	-0.0015168 (0.331)
R²	0.9969	0.9999	0.8743	0.9998
ML BP				Prob>Chi2=0.3259
Hausman				Prob>Chi2=0.1083
Número de países	12	12	12	12
Numero de observaciones	144	144	144	144

Entre paréntesis el error estándar correspondiente.

Fuente: elaboración propia con estimaciones en Stata 11

Podemos resumir, se realizaron cuatro métodos de estimación para analizar datos de panel estático, es decir, con mínimos cuadrados ordinarios, between, efectos fijos y efectos aleatorios y las pruebas de multiplicador de Lagrange y de Hausman, cuyos resultados y se muestran en este trabajo y demuestran que la estimación por efectos aleatorios es la preferida para explicar el impacto de los procesos de innovación al crecimiento económico, en seguida presentamos los resultados de las estimaciones de datos de panel dinámico.

El cuadro 4.5, muestra los resultados de las estimaciones de datos de panel dinámico, la primera columna señala que la variable dependiente es el logaritmo del producto interno bruto per cápita real, las variables explicativas como el rezago del logaritmo del producto interno bruto per cápita real, el logaritmo de la inversión en investigación y desarrollo per cápita, el logaritmo del número de patentes per cápita, el logaritmo de las exportaciones con alto contenido tecnológico per cápita, las pruebas de autocorrelación serial de primer y segundo orden, las pruebas de Sargan y de Hansen, el número de países y de observaciones de la muestra³⁶.

La segunda columna del cuadro anterior muestra los resultados de la estimación por MGM en sistema en una etapa, con coeficientes con los signos esperados, el rezago es significativo mientras que las variables tecnológicas no lo son, se acepta la autocorrelación serial de primer y segundo orden, la prueba Sargan no se rechaza la hipótesis nula, por tanto se admite la especificación del modelo y la validez general de los instrumentos.

La tercera columna muestra los resultados de la estimación por MGM en sistema en dos etapas, todos los coeficientes presentan los signos esperados, son significativos, no se rechaza la autocorrelación serial de primer orden, pero no se acepta la autocorrelación de segundo orden, la prueba Sargan no se rechaza la hipótesis nula, por tanto se admite la especificación del modelo y la validez general de los instrumentos. La prueba de Hansen no se rechaza, indicando el correcto uso de los instrumentos como señal del correcto uso de la metodología.

La quinta columna explica la productividad total de los factores con las variables tecnológicas, encontrando coeficientes positivos esperados, significativos exceptuando las exportaciones con alto contenido tecnológico, no se rechaza la autocorrelación serial de primer, pero se rechaza la autocorrelación de segundo orden, la prueba Sargan se rechaza la hipótesis nula, por tanto no se

³⁶ Se instrumentalizó con dos rezagos como máximo para cada variable.

admite la especificación del modelo y tampoco la validez general de los instrumentos. La prueba de Hansen se rechaza, indicando el correcto uso de los instrumentos como señal del correcto uso de la metodología.

Cuadro 4.5 Estimaciones de datos de panel dinámico con MGM en sistema

Variable Dep: Lpibper	MGM sistema (Una etapa)	MGM sistema (Dos etapas)	Variable Dep: Lptf	GMM sistema (Dos etapas)
LpibperL1	0.8952693 (0.000)	1.00722 (0.000)	LptfL1	0.4710997 (0.011)
lidiper	0.0016213 (0.200)	0.0021606 (0.039)	lidiper	0.0565262 (0.008)
lpatper	0.0027104 (0.212)	0.0035475 (0.093)	lpatper	0.1643228 (0.005)
lxatper	0.004090586 (0.589)	0.000924 (0.067)	lxatper	0.0244401 (0.245)
AR(1)	Prob> Z = 0.071	Prob> Z = 0.035	AR(1)	Prob> Z = 0.028
AR(2)	Prob> Z = 0.021	Prob> Z = 0.142	AR(2)	Prob> Z = 0.102
Prueba Sargan	Prob>Chi2=0.000	Prob>Chi2=0.000	Prueba Sargan	Prob>Chi2=0.895
Prueba Hansen	----	Prob>Chi2=0.960	P. Hansen	Prob>Chi2=0.999
Número de países	12	12	N. países	12
Numero de observaciones	144	144	N. obser.	144

Entre paréntesis el error estándar correspondiente.
Fuente: elaboración propia con estimaciones en Stata 11

Las estimaciones señalan que el modelo de crecimiento de mejor ajuste y que elegiremos es el estimado con MGM en sistema en dos etapas, nos indica que un aumento del 1% en las inversión en investigación y desarrollo, provoca un incremento del 0.2% en el ingreso per cápita de los países de la región, mientras que si se elevan las patentes en 1%, se incrementará el producto per cápita en 0.35% y un incremento del 1% de las exportaciones de alto contenido tecnológico, provocan un aumento aproximado del 0.1% del ingreso per cápita. La PTF presenta mayor sensibilidad a las patentes, la inversión en investigación y desarrollo; finalmente a las exportaciones de alto contenido tecnológico.

Conclusiones

El objetivo de nuestra investigación fue analizar el impacto de los procesos de innovación tecnológica en el crecimiento del producto interno bruto en América Latina y demostrar con la evidencia empírica de manera positiva las predicciones de la hipótesis de este trabajo para los países latinoamericanos que son objetos del estudio, los resultados obtenidos señalan que existe un impacto positivo de la inversión en investigación y desarrollo y demás variables tecnológicas en el crecimiento económico y así como del aumento de la productividad total de los factores en el periodo analizado 1996-2008.

Esta investigación muestra mediante el análisis descriptivo que la inversión en investigación y desarrollo, el incremento de patentes, el aumento de las exportaciones con alto contenido tecnológico están estrechamente relacionadas con el ingreso per cápita real en América Latina, así como, con la productividad total de los factores, en dichas naciones.

Las pruebas de cointegración y de Granger evidencian la causalidad entre los procesos de innovación tecnológica tanto con la productividad total de los factores como con el crecimiento económico con retardo de tres años, corroborando la hipótesis de ésta investigación y la importancia que tienen las variables tecnológicas como inversión en investigación y desarrollo, las patentes otorgadas y las exportaciones de alto contenido tecnología para el crecimiento en América Latina.

Las estimaciones de datos de panel estático se realizaron con cuatro métodos mínimos cuadrados ordinarios, between, efectos fijos, efectos aleatorios y las pruebas complementarias de multiplicadores de Lagrange y de Hausman demuestran que la inversión en investigación y desarrollo tiene impacto positivo en el crecimiento económico en América Latina, sin embargo no se obtuvieron los signos esperados para las otras variables, lo que hizo necesario las estimaciones de datos de panel dinámico.

Las estimaciones de datos de panel dinámico se realizaron con el método generalizado de momentos en sistema, en una etapa y en dos etapas; derivando en relevantes hallazgos, el mejor modelo es el estimado con método generalizado de momentos en sistema en dos etapas e indica que los incrementos en la inversión en investigación y desarrollo, en el número de patentes, en las exportaciones de alto contenido tecnológico impulsan el crecimiento económico en la región.

Tanto el crecimiento económico como la productividad total de los factores presentan mayor sensibilidad hacia el número de patentes, la inversión en investigación y desarrollo, las exportaciones de alto contenido tecnológico, respectivamente, con esto se reafirma la hipótesis de ésta investigación, los procesos de innovación tecnológica tienen un impacto positivo en el crecimiento económico en las economías de las naciones latinoamericanas objeto de estudio.

Derivado de ésta investigación se propone, que los países latinoamericanos deben buscar los instrumentos, incentivos adecuados para fomentar las actividades innovativas, que inciden en el incremento de la productividad total de los factores y por tanto en el crecimiento económico y el bienestar de la población.

Estas medidas pueden estar orientadas al sector privado con incentivos fiscales, financieros, entre otros, de manera que promuevan las actividades de innovación, a su vez garantizar los derechos de propiedad y mejores leyes que repercuten en mayores actividades de innovación, además promover un mayor vínculo entre académicos y emprendedores. Por otra parte, el comercio internacional, la apertura comercial y financiera, así como la competencia pueden ser condiciones para motivar la inversión en investigación y desarrollo y un canal para el acceso al conocimiento tecnológico internacional.

Bibliografía

- Aghion, P. & P. Howitt (1998), *“Endogenous Growth”*, MIT Press, Cambridge.
- Aghion, P. & P. Howitt (1992), “A Model of Growth Through Creative Destruction”, *Econometrica*, 60 (2), 323-351.
- Aghion, P. & P. Howitt (2006), “Appropriate Growth Policy: A Unifying Framework”, *Journal of the European Economic Association*, 4, 269-314.
- Aghion, P., R. Blundell, R. Griffith, R. Howitt & S. Prantl (2004), “Entry and Productivity Growth: Evidence from Microlevel Panel Data”, *Journal of the European Economic Association*, 2, 265-276.
- Arellano M. & O. Bover (1995), “Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-components Models”, *Journal of Econometrics*, 68, 29-51.
- Arellano M. & S. Bond (1991), “Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and Application to Employment Equations”, *The Review of Economic Studies*, 58 (2), 277-297.
- Arrow Keneth (1962), “The Economic Implications of Learning by Doing,” *Review of Economic Studies*, 29 (3), 155-173.
- Baltagi, Badi (1995), “Editors Introduction Panel Data”, *Journal of Econometrics*, 68 (1). 1-4.
- Blundell, R. & S. Bond, (1998), “Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models”, *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.
- Bond, S. (2002), “Dynamic Panel Data Models: A Guide to Micro data Methods and Practice”, *Portuguese Economic Journal*, 1, 141-162.
- Chiaramonte, Franchesca & Giovanni Dosi (1993), “Heterogeneity, Competition, and Macroeconomic Dynamics”, *Structural Change and Economics Dynamics*, 4 (1), 39-63.
- Coe, David. & E. Helpman (1995), “International R&D Spillovers”, *European Economic Review*, 39, 859-887.
- Dornbush, Rudiger; Stanley Fischer & Richard Startz (1998), *“Macroeconomía”*, Mc Graw Hill, 7ª edición, Madrid.
- Furtado, Celso (1974), *“Teoría y política del desarrollo económico”*, Editorial: Siglo XXI, 5ª edición, México, D. F.

- Griliches, Z. (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 28 (4), 1661-1707.
- Grossman, G. & E. Helpman (1994), "*Innovación y Crecimiento en la Economía Global*", CONACYT Grafos Editores, México D. F.
- Grossman, G. & E. Helpman (1991), "*Innovation and Growth in the Global Economy*", MIT Press, Cambridge.
- Gujarati, D. (2009), "*Econometría*", Mc Graw Hill, Quinta Edición, México D. F.
- Ha, J. & P. Howitt (2007), "Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory", *Journal of Money Credit and Banking*, 39, 733-774.
- Howitt, P. (2000), "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences", *American Economic Review*, 90, 829-846.
- Keynes, J. M. (1936), "*The general theory of employment, interest and money*", MacMillan, London.
- Lucas, R. (1988), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Madsen, J. (2007), "Semi-Endogenous versus Schumpeterian Growth Models: Testing the Knowledge Production Function using International Data", Discussion Papers No 26/07, Department of Economics, Monash University.
- Madsen, J. (2008), "Economic Growth and World Exports of Ideas: A Century of Evidence", *Scandinavian Journal of Economics*, 110, 145-167.
- Marx, Carlos (1973), "*El capital*", Fondo de Cultura Económica, México D. F.
- Meier, G. & D. Seers (1984), "*Pioneers in development*", Oxford University Press, Oxford.
- Nelson, R. & S. Winter (1982), "*An Evolutionary Theory of Economic Change*", Harvard University Press, Cambridge.
- OCDE (2006), "*Manual de Oslo: Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre la Innovación*", Tercera Edición, TRAGSA, Madrid.
- Ricardo, D. (1817), "*Principios of political economy and taxation*", Cambridge University Press, Cambridge.

- Romer, P. (1986), "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94, 1002-1037.
- Romer, P. (1990), "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy* 98 (5). S71-S102.
- Roseinstein-Rodan, P.N. 1943. "Problems of Industrialization of Eastern and South-Eastern Europe." *Economic Journal*. 53: 202-211
- Rostow; W. W. (1960), "*The stages of economic growth: a non-communist*", Cambridge University Press, Cambridge. ("*Las etapas del crecimiento económico*", Fondo de Cultura Económico, 2da Edición. México, 1963).
- Sala-i-Martin, X. (2002), "La Nueva Economía del Crecimiento: Que Hemos Aprendido en Quince Años?" *Economía Chilena*, 5 (2), 5-15.
- Sala-i-Martin, Xavier (1994), "*Apuntes sobre Crecimiento Económico*", Antoni Bosch Editor, Primera Edición, Madrid.
- Samuelson, Paul A. & Nordaus D. William (2002), "*Macroeconomía*", Mc Gaw Hill; 7ma Edición, Madrid.
- Schumepeter, J. (1939), "*Business Cycles, A Theoretical, Historical and Stadistical Analysis of the Capitalist Process*", McGraw Hill, New York.
- Schumpeter, J. (1928), "The Inestability of Capitalism", *Economic Journal*, 26, 361-386.
- Schumpeter; J. (1934), "*A History of economic analysis*", Oxford University Press, Oxford.
- Seldon, A. & F. G. Pennance (1986), "*Diccionario de economía*", Oikos-Tau, Cuarta Edición, Barcelona.
- Smith; A. (1776), "*An Inquiry into the Nature and Causes of the wealth of Nations*", Oxford University Press, Oxford.
- Solow, R. (1956), "A contribución to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics Review*, 70 (1), 65-94.
- Stiglitz, J. & C. Walsh (2004), "*Macroeconomía*", Ariel Economía, Segunda Edición, Barcelona.
- Wicksell, k. (1934), "*Lectures on political economy*", Routledge, London.

Wooldridge, J. (2011), *“Introducción a la Econometría. Un Enfoque Moderno”*, Cuarta Edición, Cengage Learning, México D. F.

Young, A. (1998), "Growth Without Scale Effects", *Journal of Political Economy*, 23, 41-63

Zachariadis, M. (2003), "R&D, Innovation, and Technological Progress: A Test of the Schumpeterian Framework without Scale Effects", *Canadian Journal of Economics*, 36 (3), 566-586.