



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

“Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales”

---

**CAMBIO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN  
CHILE, COLOMBIA Y MÉXICO DURANTE EL PERIODO 1990-2014: UN  
ANÁLISIS A TRAVÉS DE FRONTERA ESTOCÁSTICA**

---

**TESIS**

Que para obtener el grado de  
**MAESTRA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES**

PRESENTA:

**JENNIFER LÓPEZ CHACÓN**

ASESORA:

**DRA. ODETTE VIRGINIA DELFÍN ORTEGA**

Morelia, Michoacán, Agosto 2020

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

En la Ciudad de Morelia, Mich., el día 19 de junio de 2020, los miembros de la Mesa de Sinodales designada por el H. Consejo Técnico del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), aprobaron presentar el examen de grado la tesis titulada:

***CAMBIO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN CHILE, COLOMBIA Y MÉXICO DURANTE EL PERIODO 1990-2014: UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE FRONTERA ESTOCÁSTICA***

Presentada por la alumna:

***Jennifer López Chacón***

Aspirante al grado de **Maestra en Ciencias en Negocios Internacionales**. Después de haber efectuado las revisiones necesarias, los miembros de la Mesa de Sinodales manifestaron SU APROBACIÓN DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA MESA DE SINODALES**

Director de la Tesis

---

Dra. Odette Virginia Delfín Ortega

---

Dr. José César Lenin Navarro Chávez

---

Dr. Plinio Hernández Barriga

---

Dr. Antonio Favila Tello

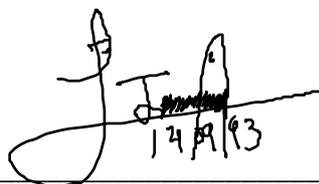
---

Dra. Irma Cristina Espitia Moreno

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES**  
**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de Morelia, Mich., el día 19 de junio de 2020, la que suscribe **JENNIFER LÓPEZ CHACÓN**, alumna del programa de la Maestría en Ciencias en Negocios Internacionales adscrita al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE), manifiesta ser la autora intelectual del presente trabajo de tesis, desarrollado bajo la dirección de la Dra. Odette Virginia Delfín Ortega y cede los derechos del trabajo titulado **“CAMBIO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN CHILE, COLOMBIA Y MÉXICO DURANTE EL PERIODO 1990-2014: UN ANÁLISIS A TRAVÉS DE FRONTERA ESTOCÁSTICA”** a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su difusión con fines estrictamente académicos.

No está permitida la reproducción total o parcial de este trabajo de tesis ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin la autorización escrita de la autora y/o director del mismo. Cualquier uso académico que se haga de este trabajo, deberá realizarse conforme a las prácticas legales establecidas para este fin.



---

**JENNIFER LÓPEZ CHACÓN**

# Dedicatoria

*A Juanito*

*porque siempre*

*pude contar contigo*

# Agradecimientos

Al CONACyT, la UMSHN y el ININEE por su apoyo durante este proyecto de investigación.

A Dios, por ser ese motor invisible que me ha dado una fuerza descomunal en los momentos más difíciles.

A mis padres por estar conmigo en todo momento, por darme su apoyo, su amor incondicional, por forjar mi carácter, por darme valores, por enseñarme que la vida no es sencilla pero que al final de cada lucha hay una recompensa. A mis hermanas Jeza y Jocito por que sin ustedes niñas mi vida sería muy aburrida. A mis abuelos Prisciliano, Teresa y María por dejarme un poco de su sabiduría, aunque ya no tengo la dicha de tener a todos junto a mi sé que desde donde estén, estarán felices por mi. A mis tías Melania, Minerva, Mireya y Sandra, por ser un apoyo y una motivación en mis planes desde que tengo memoria.

A mi asesora Odette, por todos los conocimientos y paciencia brindada durante este proyecto, sobre todo por la comprensión que me mostró durante los tiempos difíciles de esta tesis.

Al doctor Antonio Favila, la doctora Irma Espitia y al doctor Lenin Navarro por los aportes realizados en este trabajo de investigación, sobre todo al doctor Plinio Hernández por sus sugerencias y recomendaciones .

Al doctor Enrique Armas por haberme apoyado durante toda la maestría y por sus consejos.

A Joaquin que siempre será mi maestro favorito y un segundo padre que me ha acompañado en los momentos más importantes de mi vida.

A mis amigos Alexis, Alondra, Champi, Chema, Elder, Ene, Eréndira, Gabino, Jorge, Mara, Marco, Raúl, Rogelio y Sonia, que han estado en todo este proceso de tesis y que en los momentos más difíciles me han dado las fuerzas necesarias para seguir. Una mención especial a Betito que se ha convertido en mi cómplice y en un gran apoyo para todos mis proyectos.

A mi Juanito que aún con su partida sin saberlo me dio el empuje que necesitaba para levantarme y recordarme que las flores vuelven a crecer, aunque sé que ya no estará para decirme “puedes contar conmigo” él siempre vivirá en mis recuerdos más felices, no me cansaré de agradecer por estos once años que la vida nos cruzó.

A los niños de la Olimpiada Michoacana de Física generación 2019 que sin saberlo se convirtieron en una motivación para no dejar lo que realmente me gusta, gracias por todas sus enseñanzas.

Finalmente a Kirara, Ranma y Tartaleta, que tanta alegría me han dado desde que aparecieron en mi portal, yo sé que ellas no saben leer pero me da satisfacción darles un pequeño reconocimiento.

# Índice

	Página
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Lista de figuras	VII
Lista de tablas	VIII
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
<b>1. Fundamentos de la investigación</b>	<b>7</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	7
1.2. Pregunta de la investigación . . . . .	18
1.2.1. Pregunta general . . . . .	18
1.3. Objetivo de la investigación . . . . .	18
1.3.1. Objetivo general . . . . .	18
1.4. Justificación . . . . .	18
1.5. Método . . . . .	21
1.6. Hipótesis de la investigación . . . . .	22
<b>2. Industria manufacturera en Chile, Colombia y México</b>	<b>23</b>
2.1. Divisiones de la industria manufacturera en América Latina . . . . .	25
2.2. Industria manufacturera: Chile . . . . .	26
2.3. Industria manufacturera: Colombia . . . . .	28
2.4. Industria manufacturera: México . . . . .	31
<b>3. Enfoque teórico del cambio tecnológico</b>	<b>40</b>
3.1. El concepto de cambio tecnológico a lo largo de la historia . . . . .	40
3.2. La clasificación del cambio tecnológico . . . . .	45
3.2.1. Cambio tecnológico neutral de Harrod . . . . .	45
3.2.2. Cambio tecnológico neutral de Solow . . . . .	48
3.2.3. Cambio tecnológico neutral de Hicks . . . . .	48
3.3. Rendimientos constantes . . . . .	49
3.4. Caso: Coeficientes fijos . . . . .	50
3.4.1. Cambio tecnológico: neutralidad de Harrod . . . . .	51
3.4.2. Cambio tecnológico: neutralidad Solow . . . . .	54
3.5. Cambio tecnológico: Solow . . . . .	55

# Índice (continuación)

	Página
3.5.1. Cambio tecnológico: aumento de capital con tendencia lineal . . . . .	59
3.6. Funciones de producción . . . . .	60
3.6.1. Función de producción Cobb-Douglas . . . . .	62
3.6.2. Cambio tecnológico neutral y la función Cobb-Douglas . . . . .	65
3.7. Cambio tecnológico no neutral . . . . .	66
3.7.1. Cambio tecnológico no neutral y la frontera de posibilidad de producción . . . . .	70
<b>4. Casos de estudio</b>	<b>72</b>
<b>5. Metodología</b>	<b>81</b>
5.1. Aproximación de Frontera Estocástica (SFA) . . . . .	81
5.2. Estimación de fronteras con datos de panel . . . . .	84
5.3. Eficiencia variante en el tiempo . . . . .	87
5.3.1. Máxima verosimilitud . . . . .	87
5.4. Especificación del modelo . . . . .	90
5.4.1. Variables . . . . .	92
<b>6. Análisis de resultados</b>	<b>93</b>
6.1. Especificación del modelo . . . . .	93
6.2. Resultados . . . . .	94
6.2.1. Prueba de normalidad y de asimetría . . . . .	97
6.2.2. Análisis de resultados de cambio tecnológico . . . . .	99
6.3. Discusión de resultados . . . . .	106
<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>109</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>114</b>
<b>A. Anexo: Clasificación de la industria manufacturera</b>	<b>122</b>
<b>B. Anexo: Resultados</b>	<b>142</b>

# Lista de figuras

Figura	Página
1. Porcentaje aportado por la industria manufacturera al PIB en el periodo 1995-2014. . . . .	14
2. Gráfica del PIB en diversos países de América Latina en el periodo 1990-2017 (US\$ a precios constantes de 2010). . . . .	16
3. Empleos generados por la industria manufacturera de Chile, Colombia y México durante el periodo 1990-2014. . . . .	17
4. Porcentaje aportado por la industria manufacturera al PIB de Chile, Colombia y México en el periodo 1970-2017. . . . .	21
5. Crecimiento en América Latina del valor agregado de la industria manufacturera durante el periodo 1991-2017. . . . .	24
6. Industria manufacturera, valor agregado porcentaje al PIB 1970-2017 de Chile.	26
7. Industria manufacturera, valor agregado porcentaje al PIB 1970-2017 de Colombia. . . . .	28
8. Industria, valor agregado porcentaje del PIB 1970-2017 de México. . . . .	38
9. Gráfica $k$ vs $q$ . . . . .	58
10. (a) Cambio tecnológico neutral. (b) Cambio tecnológico no neutral . . . . .	70
11. Representación gráfica de frontera estocástica vs. determinística. . . . .	84
12. Cambio tecnológico de la industria manufacturera de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014. . . . .	100
13. Cambio tecnológico de México en el periodo 1990-2014 . . . . .	102
14. Cambio tecnológico de Colombia en el periodo 1990-2014 . . . . .	104
15. Cambio tecnológico de Chile en el periodo 1990-2014 . . . . .	105

# Lista de tablas

Tabla	Página
1. Tasas acumulativas anuales de crecimiento del producto industrial en los países de América Latina. . . . .	11
2. Estadísticos descriptivos de las variables $y$ , $k$ y $l$ . . . . .	94
3. Función de producción traslogarítmica. . . . .	95
4. Prueba de razón de verosimilitud. . . . .	96
5. Prueba de normalidad. . . . .	97
6. Prueba de asimetría. . . . .	98
7. Cambio tecnológico de la industria manufacturera de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014. . . . .	99
8. Tasa de crecimiento del cambio tecnológico de la industria manufacturera de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014 . . . . .	101
9. Modelo Traslog de estadístico STATA. . . . .	143

# Resumen

La industria manufacturera es un sector importante en la economía de Chile, Colombia y México, pues representa una parte considerable del PIB, por ello es de vital importancia estudiarlo para lograr un desarrollarlo adecuado; por tanto en esta tesis tiene como objetivo determinar de qué manera han incidido los factores trabajo, capital y cambio tecnológico en la producción de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014; para ello se tomaron los datos en relación al factor trabajo, factor capital y producción disponible del sector manufacturero de la base de datos del Banco Mundial y la base de datos de LA KLEMS, con dichas bases se construyó un panel equilibrado, el cual tiene una temporalidad de 1990-2014 y está formado por el número de trabajadores ( $L$ ), el stock de capital ( $K$ ) y el PIB que aporta la industria manufacturera ( $Q$ ), una vez construido el panel se utilizó la metodología de frontera estocástica variable en el tiempo para datos panel utilizando una especificación traslogarítmica para calcular el cambio tecnológico en Chile, Colombia y México.

Con la metodología anteriormente descrita se pudo observar como los factores de producción capital, trabajo y cambio tecnológico tienen una incidencia positiva en la producción de la industria manufacturera de los países estudiados. Con los resultados obtenidos se puede concluir que es necesario que el sector manufacturero invierta en nuevas tecnologías, además de contar con personal capacitado.

**Palabras Clave:** Industria manufacturera, cambio tecnológico, frontera estocástica.

# Abstract

The manufacturing industry is an important sector in the economy of Chile, Colombia and Mexico, since it represents a considerable part of the GDP, therefore it is of vital importance to study it in order to achieve an adequate development; therefore, the objective of this thesis is to determine how the factors work, capital and technological change have influenced the production of the manufacturing industry in Chile, Colombia and Mexico during the period of 1990-2014; For this, the data in relation to the labor factor, capital factor and available production of the manufacturing sector were taken from the World Bank database and the LAKLEMS database, with these bases a balanced panel was built, which has a temporality from 1990-2014 and is made up of the number of workers (L), the capital stock (K) and the GDP contributed by the manufacturing industry (Q), once the panel was constructed the variable stochastic frontier methodology was used in the time for panel data using a translogarithmic specification to calculate technological change in Chile, Colombia and Mexico.

With the methodology described above, it was possible to observe how the factors of capital production, labor and technological change have a positive impact on the production of the manufacturing industry in the countries studied. With the results obtained, it can be concluded that it is necessary for the manufacturing sector to invest in new technologies, in addition to having trained personnel.

**Keywords:** Manufacturing industry, technological change, stochastic frontier.

# Introducción

La industrialización de América Latina se ha caracterizado históricamente por cuatro rasgos (Fajnzylber,1990), el primero es el hecho de tener una participación en el mercado mundial basado principalmente en sus recursos naturales como la agricultura, la minería y la energía (actividades primarias), la segunda es en relación con el déficit en el sector manufacturero (debido a la falta de inversión en infraestructura y tecnología), además de tener una estructura industrial concebida e impulsada gracias al mercado interno, la tercera característica es la aspiración de poder alcanzar la calidad de vida con la que cuentan los países avanzados y finalmente la falta de liderazgo nacional del sector público y privado en los sectores cuyo dinamismo definen el perfil industrial de un país.

En la actualidad las cinco economías más importantes de Latinoamérica son Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile (Banco Mundial, 2019). En este trabajo se analiza la situación de la industria manufacturera solo de México, Colombia y Chile, debido a que para estas economías existen las bases de datos necesarias y se encuentran disponibles al público.

La presente tesis tiene como objetivo determinar de qué manera han incidido los factores de producción capital, trabajo y cambio tecnológico en la producción de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014.

Para que Chile, Colombia y México tengan un crecimiento económico que los lleve a un mejor calidad de vida y puedan competir con países desarrollados es fundamental transformarse en una economía moderna, es decir contar con una estructura productiva con especial énfasis en la industria manufacturera.

Al realizar un análisis global del comportamiento del cambio tecnológico anual de todas las divisiones del sector manufacturero en los países latinoamericanos, antes mencionados, durante un periodo de 24 años mediante el uso de frontera estocástica, se ofrece una perspectiva distinta a los trabajos previos relacionados con este sector se podrán generar estrategias de crecimiento y fortalecimiento de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México, además servirá para elaborar programas gubernamentales para promover la inversión en el desarrollo de la industria.

Con la finalidad de cumplir con el objetivo planteado en esta tesis se utiliza la metodología de frontera estocástica para datos panel, la cual permite calcular el cambio tecnológico para Chile, Colombia y México. La principal contribución de este trabajo son los resultados obtenidos para un periodo de 24 años (1990-2014) debido a que es un periodo que no se ha analizado anteriormente con los países seleccionados ni se ha hecho un estudio de la manufactura de forma global como se presenta en esta tesis. Este trabajo está compuesto por seis capítulos, los cuales se describen a continuación.

En el capítulo uno se presentan los fundamentos en los que se basa esta investigación. Al inicio se describen como las actividades productivas secundarias y terciarias lograron grandes avances tecnológicos durante Segunda Guerra Mundial, además de tener como consecuencia una mayor inversión en la industrialización. Con la finalidad de que América Latina lograra avanzar en su proceso de industrialización el 25 de febrero de 1948 se funda la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), esto debido a que los países que logran avanzar en el proceso de industrialización y evolución tecnológica consiguieran un crecimiento en su economía, por lo anterior mencionado se llega a la conclusión de que el sector manufacturero debe ser analizado.

Después de que América Latina abandonara el modelo de sustitución de importaciones hubo una desaceleración económica importante. Desde que Latinoamérica tuvo una inserción con economías externas los países de estudio han logrado tener un desarrollo industrial, sin embargo, el sector sigue siendo deficiente, pues aún se debe de hacer cambios estructurales para poder tener una competitividad alta a nivel internacional, la situación de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México se analiza de forma detallada en el capítulo dos.

La tecnología es fundamental para el la industria manufacturera pues determina la capacidad que se tiene para competir en el mercado internacional; la forma de calcular el cambio tecnológico que se pueda presentar entre dos momentos determinados periodos de tiempo ha cambiado a lo largo del tiempo y se han presentado diversas metodologías, el enfoque en el que se basa esta tesis se muestra en el capítulo tres.

El capítulo cuatro muestra las diferentes investigaciones donde se estudia el cambio tecnológico en la industria manufacturera de Chile, Colombia y México en los últimos veinte años, pues es importante para cualquier investigación que se conozcan los antecedentes correspondientes, los aportes de cada artículo se presentan artículos en orden cronológico.

Una metodología apropiada permite alcanzar el objetivo de una investigación científica por esto, la metodología que se utiliza en este documento se explica en el capítulo cinco, en el cual se presenta de forma detallada el tema de Frontera Estocástica (SFA) con eficiencia variante en el tiempo, usando el método de máxima verosimilitud desarrollado por Kumbhakar y Lovell para el caso de datos panel.

El capítulo seis describe el modelo matemático usado, también se presentan los resultados de la función de producción traslogarítmica con Frontera Estocástica del sector manufactu-

tero de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014 con la cual se analizó el panel de datos de Chile, México y Colombia los cálculos que se realizaron fueron hechos usando el programa estadístico STATA 14.

Con base a la literatura revisada y a los resultados obtenidos después de analizar el panel de datos para Chile, México y Colombia se pudo concluir que el factor trabajo y capital inciden de forma positiva en el cambio tecnológico, por lo cual es necesario aumentar el capital invertido en este sector e incorporar nuevas tecnologías para la producción, además de tener personal capacitado, esto es mostrado en las conclusiones y recomendaciones del presente documento.

# Capítulo 1

---

## Fundamentos de la investigación

---

### 1.1. Antecedentes

Las actividades económicas productivas son procesos que mediante el empleo de factores de producción crean bienes y servicios con la finalidad de satisfacer las necesidades de los consumidores en la economía, están clasificadas en primarias, secundarias y terciarias. El sector primario está relacionado con la recolección o extracción y transformación de los recursos naturales con poca o ninguna manipulación, las actividades económicas secundarias son el sector que transforma la materia prima, la cual es extraída o producida por el sector primario, en productos de consumo o en bienes de equipo, finalmente las actividades terciarias engloban a las actividades relacionadas con los servicios no productores o transformadores de bienes materiales (INEGI, 2019).

Para las actividades productivas secundarias y terciarias la Segunda Guerra Mundial fue un impulsor, ya que trajo como consecuencia importantes avances tecnológicos debido a las necesidades que se generaron por este conflicto mundial. Estos avances tecnológicos permitieron un mejor funcionamiento no solo en la industria armamentista, también de sectores como la manufactura en general, además de crear nuevas industrias como las telecomunicaciones, es en este periodo cuando aparecen los primeros ordenadores programables, los cuales permitieron la automatización de diversos procesos industriales (Castells,1999).

Con el término de la Segunda Guerra Mundial comienzan a surgir modelos de capitalismo hacia adentro en muchos países africanos y asiáticos que habían alcanzado su independencia política, también surgen modelos de industrialización socialista, además el ritmo de crecimiento industrial en las economías más desarrolladas casi se duplica en la primera mitad del siglo XX, es decir se comienza a desarrollar las actividades secundarias con una mayor rapidez y se genera una mayor inversión en la industrialización (Fajnzylber, 1983).

La industrialización de América Latina se ha caracterizado históricamente por cuatro rasgos (Fajnzylber,1990), el primero es el hecho de tener una participación en el mercado mundial basado principalmente en sus recursos naturales como la agricultura, la minería y la energía (actividades primarias), la segunda es en relación con el déficit en el sector manufacturero (debido a la falta de inversión en infraestructura y tecnología), además de tener una estructura industrial concebida e impulsada gracias al mercado interno, la tercera característica es la aspiración de poder alcanzar la calidad de vida con la que cuentan los países avanzados y finalmente la falta de liderazgo nacional del sector público y privado en los sectores cuyo dinamismo definen el perfil industrial de un país.

Es difícil homogeneizar la historia de la industrialización de América Latina debido a las diferentes condiciones territoriales, políticas y económicas que han tenido cada uno de los países, sin embargo como se menciona anteriormente la preocupación por alcanzar mayores niveles de vida para la población de la región fue una motivación en común para invertir en el desarrollo de este sector, pues se consideraba un medio para llegar al crecimiento económico que tanto se deseaba (Fajnzylber, 1983).

Exceptuando muy pocos casos, los países “exitosos” son aquellos que lograron avanzar en el proceso de industrialización y evolución tecnológica, quienes no lo consiguen perduran en la pobreza y el bajo desarrollo. Por estas razones, el 25 de febrero de 1948 se funda la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), la cual es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas las cuales son: Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP), Comisión Económica y Social para Asia Occidental (CESPAO) Comunidad Económica Africana (CEA) Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Comisión Económica para Europa (CEPE) (CEPAL, 2018).

La sede de la CEPAL está localizada en Santiago de Chile, la finalidad de la CEPAL es impulsar al desarrollo económico de América Latina, coordinar las acciones encaminadas a su promoción y reforzar las relaciones económicas de los países entre sí y con las demás naciones del mundo; después se anexan los los países del Caribe y se incorporó el objetivo de promover el desarrollo social (CEPAL, 2018).

Diversos trabajos sobre la historia de la industria manufacturera en Latinoamérica (CEPAL, 1964; Rosales, 1990; Benavente,1996), afirman que durante los años treinta en América Latina hubo un cambio, pasando de la economía primaria exportadora a la industrialización por sustitución de importaciones (ISI). Es decir, se apostó por impulsar el desarrollo industrial nacional y para ello fue necesario implementar una política de sustitución de importaciones, pues al crear políticas que minimizaron la importación de productos extranjeros (como lo fue el aumento de los requisitos de ingreso de mercancía del extranjero), las manufacturas locales lograron colocarse en el mercado nacional debido a que no tenían que competir con los precios que ofrecían otros países con mayor desarrollo industrial (Esser,1993).

A pesar de que diversos países latinoamericanos comenzaron con el proceso de industrialización en base al modelo de sustitución de importaciones, la economía de Latinoamérica siguió teniendo como base de “crecimiento” económico las actividades de su sector primario-exportador, debido a la falta de maquinaria que ayudara a transformar las materias primas que se obtenían de diferentes actividades productivas primarias como la agricultura, ganadería o minería (Esser,1993).

Durante el periodo de 1940-1950 la modernización y el desarrollo toman fuerza para los países latinoamericanos, desde el punto de vista estructural, se tiene como prioridad la participación de la industria en el producto total, que suele denominarse grado de industrialización. Para los años setenta comienza una revolución en las comunicaciones, como consecuencia hay un flujo cada vez mayor de personas e ideas, lo que afecta el patrón de consumo de cada país. Este patrón de consumo universal en América Latina no era viable pues a diferencia de los países que lo impulsan, no se tenían las bases necesarias para tener una sólida participación internacional (Rosales, 1990).

Durante seis décadas (1930-1990) en América Latina se aplicaron políticas económicas dirigidas a sustituir las importaciones de bienes industriales por productos nacionales, de 1974-1994 la industria latinoamericana pasó por distintas etapas que afectaron su estructura, el ritmo de crecimiento y la forma en la que se relacionaba con el mercado internacional. Para la segunda mitad de los setentas la tasa de crecimiento industrial de la región se redujo de forma importante, estos datos son presentados por la CEPAL y se muestra en la en la tabla (1).

Tabla 1. Tasas acumulativas anuales de crecimiento del producto industrial en los países de América Latina.

Período	PIB (1)	Producto Industrial (2)	Relación entre las tasas (1)(2)
1940-1950	5.0	6.8	1.4
1950-1960	4.7	6.3	1.3
1960-1968	4.5	5.4	1.2
1970-1973		8.6	
1974	6.9	6.4	0.9
1975	2.6	1.5	0.6

Fuente:Elaboración propia con base en CEPAL, 2018.

Debido al déficit comercial externo en aumento y a la demanda interna menos dinámica, muchos países de Latinoamérica optaron por emplear políticas de fomento de las exportaciones en la segunda mitad de los setentas, el factor determinante que frenó las exportaciones fue la falta de acondicionamiento tecnológico, esta deficiencia tecnológica sucedió en toda la región, debido a esto los países de América Latina no tenían las condiciones necesarias para competir frente a otros países a nivel internacional (Astori,1980).

El siglo XXI comienza con el modelo de crecimiento llamado exportador primario, el cual se había ido consolidando en las últimas décadas del siglo XX, al insertarse y especializarse las economías latinoamericanas en la producción y exportación de productos primarios, (agrarios y mineros), para el mercado mundial (primero europeo, posteriormente el norteamericano). La capacidad transformar la economía y la sociedad es muy variada, según cada país y sus posibilidades (Dutrénit, 2016). Para que un país pueda transformar las materias primas en nuevos productos es necesario el uso de tecnologías que le permitan realizar estos procesos.

Los términos técnica y tecnología serán usados a lo largo de este documento, por ello se debe debe esclarecer la diferencia entre ambas, la Real Academia Española define a la técnica como “conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte”, mientras que la tecnología es definida como “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico ó conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto” (RAE, 2007).

Schumpeter fue el primero en asociar la innovación con el desenvolvimiento económico (Schumpeter, 1912); desde este punto de vista para el crecimiento económico de Latinoamérica han intervenido factores de importancia histórica, pues al ser un proceso de transformación productiva estructural, donde destaca la modernización del sector agrario, el crecimiento industrial y el incremento y diversificación del sector servicios. Este proceso va asociado a la introducción de nuevas tecnologías, incrementos importantes en productividad del trabajo y un mayor uso del capital (Manso, 2000).

A nivel macroeconómico, las capacidades tecnológicas se considran como aquellas habilidades que se requieren para iniciar un proceso de mejoras conducentes a un sendero de crecimiento y desarrollo sostenido, las cuales deben complementarse de forma que se produzca una nueva combinación de ideas existentes, capacidades, habilidades, recursos, entre otros factores. El resultado de esta nueva combinación puesta en el mercado es conocida como innovación, el estudio de dicho tema a nivel macro es una de las principales preocupaciones de la literatura sobre los determinantes del crecimiento y el desarrollo económico (Lugones, 2007).

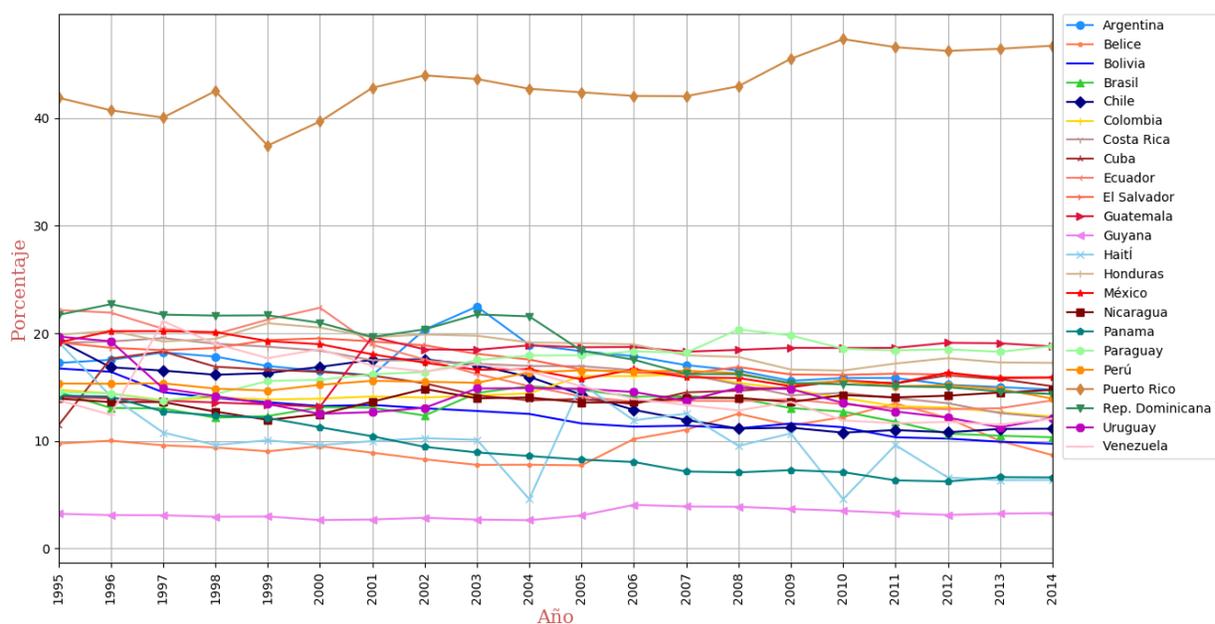
Una de las características que comparten los países en desarrollo es que la capacidad tecnológica local en ellos tiende a ser baja. Por este motivo, se vuelve indispensable tomar en

cuenta el rol de la fuerza global y especialmente las importaciones/exportaciones de tecnología que realicen, el incremento de la tecnología está estrechamente ligado con el grado de industrialización que un país puede alcanzar y de esta forma lograr el crecimiento económico deseado (Pérez et. al, 2018).

La creación de nueva tecnología que reduzca el tiempo invertido en la elaboración de un producto es un factor de gran relevancia en el proceso de industrialización, la industria busca crear técnicas que permitan posteriormente producir tecnología que permita volver más eficiente su proceso de producción, en la actualidad las tecnologías avanzan de manera acelerada y son indispensables para la productividad del sector industrial, pues la inversión en tecnología no es solamente en maquinaria y equipo industrial, sino también en softwares que permitan tener un mayor control sobre la producción (Burachik, 2000).

El sector manufacturero cada vez toma un papel de mayor relevancia en las economías de los países latinoamericanos, en la figura (1) se presenta la gráfica del porcentaje aportado al PIB por la industria manufacturera (todos los sectores manufactureros) en veinticinco países latinoamericanos durante el periodo 1995-2014, en esta gráfica podemos observar que para la mayoría de los países la manufactura representa entre el quince y veinte por ciento.

Figura 1. Porcentaje aportado por la industria manufacturera al PIB en el periodo 1995-2014.



Fuente:Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

La generación de empleos es un tema importante para el crecimiento de la economía de cualquier país, por ello el sector industrial juega un papel fundamental pues, respecto a la ocupación de mano de obra, la industria es una gran fuente de empleos. De la fuerza laboral depende la producción de una industria, desgraciadamente la mayor parte de los trabajadores de la industria latinoamericana es mano de obra no capacitada (Hofman, 2017).

La relevancia de la mano de obra en el crecimiento no depende solamente del número de personas empleadas y las horas trabajadas, sino también de su calidad, lo que característicamente se mide por el nivel educativo y la experiencia. El grado de industrialización que existe en cada país latinoamericano es distinto, de esto dependerá la cantidad de empleos que pueda ofrecer cada nación en el sector industrial (Hofman, 2017).

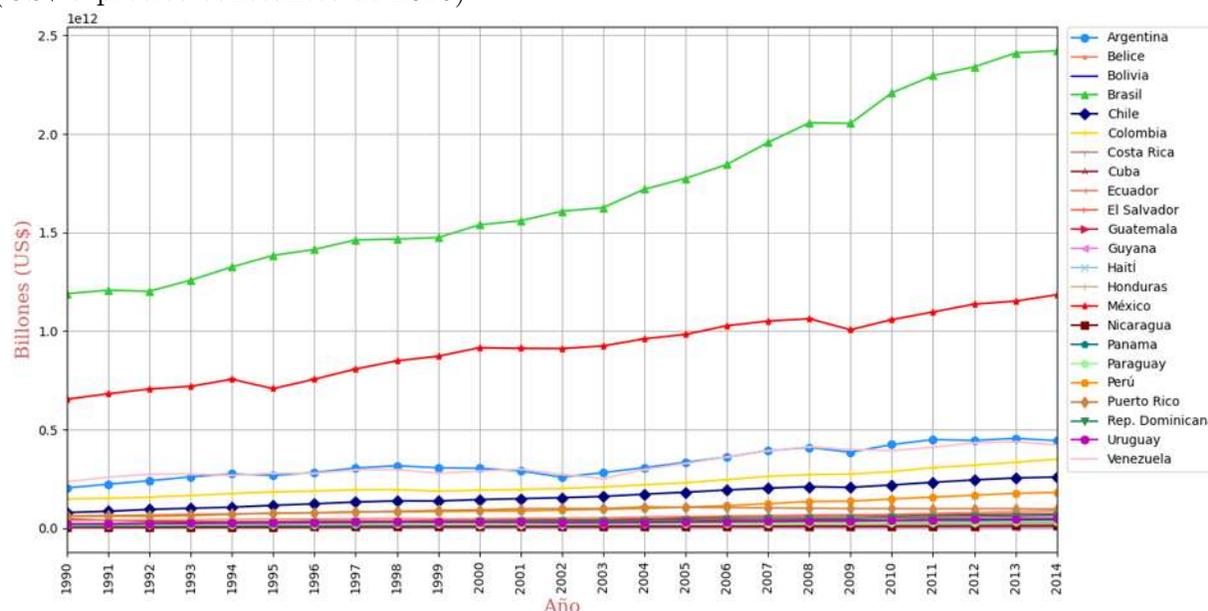
La economía de Latinoamérica a precios de mercado (Paridad de Poder Adquisitivo), es la tercera economía más grande a nivel mundial, la cual está basada mayoritariamente en una

economía primaria y/o secundaria. Respecto a las características generales de la composición industrial y productiva de las economías exportadoras latinoamericanas estas corresponden en su mayoría a las actividades relacionadas con la extracción de recursos naturales, principalmente las industrias mineras y petrolíferas, la manufactura y la agrícola (Banco Mundial, 2018).

Los recursos naturales son parte importante del crecimiento económico, existe una relación de causalidad positiva entre la abundancia de los recursos naturales y el crecimiento económico, de forma particular, los recursos minerales, pueden tener una asociación directa con el crecimiento real del PIB, sin embargo para aprovechar los recursos naturales de manera óptima y darles una mayor valor (manufactura) es indispensable contar con la tecnología necesaria (Brunnschweiler, 2008).

El PIB es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado, es un indicador representativo que ayuda a medir el crecimiento o decrecimiento de la producción de bienes y servicios de las empresas de cada país. Para visualizar el comportamiento del PIB producido por los diferentes países de América Latina se usó los datos del Banco Mundial para elaborar la gráfica mostrada en la figura (2), en la cual se presenta el PIB (US \$ actuales) en 25 países de América Latina durante el periodo 1990-2014 (Banco Mundial, 2019).

Figura 2. Gráfica del PIB en diversos países de América Latina en el periodo 1990-2017 (US\$ a precios constantes de 2010).

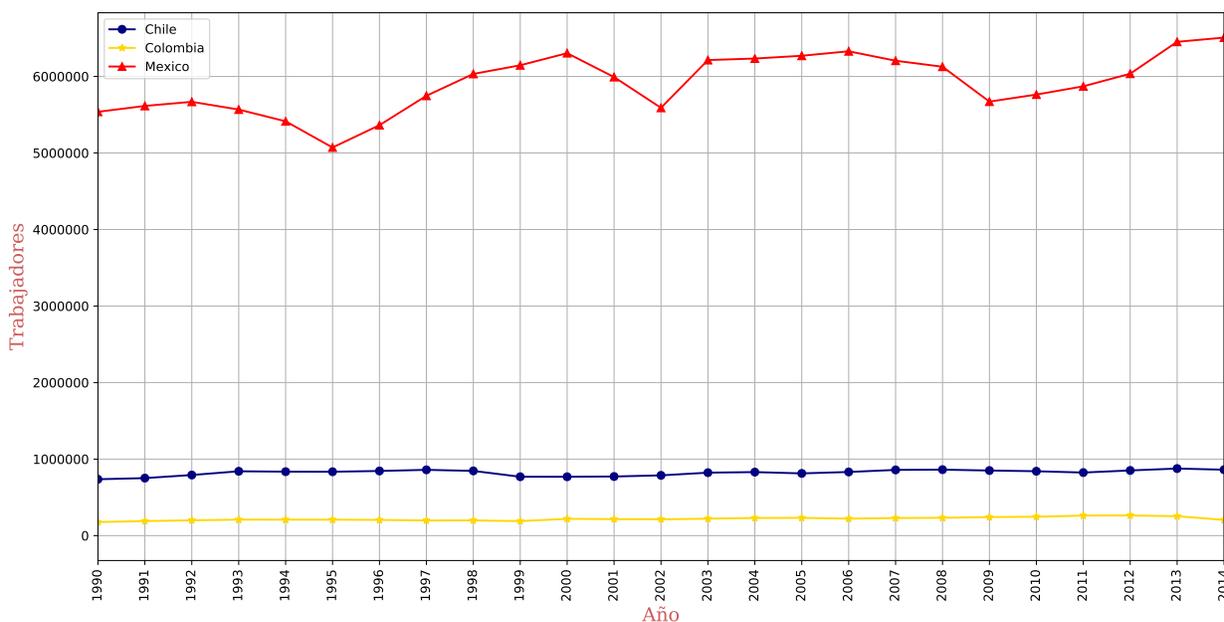


Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

Actualmente las cinco economías más importantes de Latinoamérica son Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile (Banco Mundial, 2019). En este trabajo se analiza la situación de la industria manufacturera solo de México, Colombia y Chile, debido a que para estas economías existen las bases de datos necesarias y se encuentran disponibles al público.

Enfocándonos en la capacidad de la industria manufacturera de los países que se analizan en este documento la figura (3) muestra el número de empleos que el sector manufacturero ha generado de manera anual durante en el periodo de 1990-2014 en Chile, Colombia y México. En dicho gráfico se puede apreciar que el país con la mayor cantidad de trabajadores en el sector manufacturero es México, también se puede observar la baja en la generación de empleos en la manufactura durante las distintas crisis económicas que han afectado a América Latina.

Figura 3. Empleos generados por la industria manufacturera de Chile, Colombia y México durante el periodo 1990-2014.



Fuente: Elaboración propia con base en Programa de Análisis de la Dinámica Industria (PADI), 2019.

Se puede notar que en Colombia y Chile los empleos generados por este sector ha sido constante pero mucho menores que en México. Con respecto a México podemos observar que hubo un descenso en el número de empleados en 2001 y 2002 debido a la crisis que afectó al país, la cual inició en 2001 y como consecuencia provocó un estancamiento en la industria manufacturera (Sánchez, 2011).

Para que los países de América Latina tengan un crecimiento económico que los lleve a un mejor calidad de vida y puedan competir con países desarrollados es fundamental transformarse en una economía moderna, es decir contar con una estructura productiva con especial énfasis en la industria manufacturera. Con la información que se presenta sobre la evolución de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México desde 1970-2018, la importancia

que representa este sector en la economía de cada país, así como la necesidad de impulsar el sector manufacturero para lograr un crecimiento económico y poder competir de manera internacional se llega a las siguientes cuestiones.

## **1.2. Pregunta de la investigación**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿De qué manera han incidido los factores de producción capital, trabajo y cambio tecnológico en la producción de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014?

## **1.3. Objetivo de la investigación**

Los objetivos nos ayudan a tener claro las metas a cumplir, así como generar estrategias que nos permitan llegar a ellos. En esta sección se exponen los objetivos de la investigación.

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar de qué manera han incidido los factores de producción capital, trabajo y cambio tecnológico en la producción de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014.

## **1.4. Justificación**

Aunque en América Latina varios países han aumentado su grado de industrialización en los últimos años, en esta investigación, como se mencionó anteriormente, solo se estudian tres

de las cinco economías más grandes en Latinoamérica (en orden de relevancia económica México, Colombia y Chile), pues los datos necesarios para esta investigación sobre producción, capital y trabajo se encuentran disponibles en LAKLEMS y el Banco Mundial, este no es el caso de Argentina y Brasil que apesar de ser la quinta y primera economías más importantes en América Latina los datos disponibles no abarcan el periodo que se tiene como objetivo en este documento, además, para estas tres naciones existen diversos artículos de análisis del sector manufacturero.

La CEPAL al ser encargada del desarrollo de las economía latinas ofrece plataformas estadística para el análisis del crecimiento económico, la productividad, la creación de empleo, la formación de capital y el cambio tecnológico, dicho proyecto genera estadísticas e insumos de información para evaluar metas relacionadas con productividad y potencial de crecimiento económico y para elaborar políticas de desarrollo tecnológico. Aunque su objetivo es monitorear y estudiar a todos los países de América Latina, también es cierto que cuenta con mayor cantidad de bases de datos y periodo de tiempo para estas tres economías latinas elegidas.

La elaboración de este proyecto podrá ayudar a entender el comportamiento del cambio tecnológico de la industria manufactura en Chile, Colombia y México durante el periodo 1990-2014, este estudio abarca un periodo mayor al que se encuentra en otros trabajos.

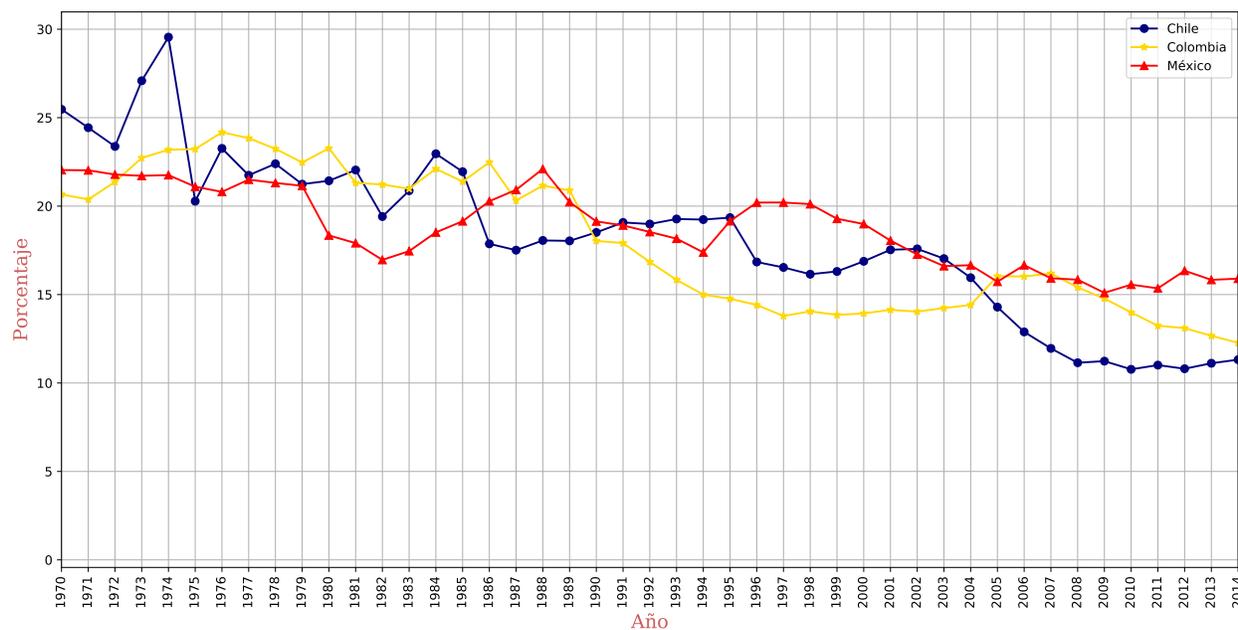
Al realizar un análisis del comportamiento del cambio tecnológico anual de todas las divisiones del sector manufacturero en los países latinoamericanos antes mencionados durante un periodo de 24 años mediante el uso de frontera estocástica ofrece una perspectiva distinta a los trabajos previos relacionados con este sector, pues las investigaciones que analizan un periodo largo de tiempo son anteriores al año 2000 y no necesariamente analizan de forma global las divisiones de la industria manufacturera, estos, suelen enfocarse solo en una rama,

tampoco existe un trabajo de investigación en el cual se utilice frontera estocástica para analizar el cambio tecnológico de los países que se estudian en este documento.

Al conocer el comportamiento del cambio tecnológico de la industria manufacturera se podrán generar estrategias de crecimiento y fortalecimiento de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México, además servirá para elaborar programas gubernamentales para promover la inversión en el desarrollo de la industria.

Los resultados que se muestran en este documento pretenden generar conciencia a las autoridades correspondientes sobre la importancia de la industrialización como factor de crecimiento económico, si observamos la gráfica (4) podemos ver el porcentaje al PIB nacional correspondiente a cada uno de los países estudiados, por lo cual al invertir en tecnología en este sector se obtendrán resultados más óptimos teniendo como consecuencia un aumento en el crecimiento económico.

Figura 4. Porcentaje aportado por la industria manufacturera al PIB de Chile, Colombia y México en el periodo 1970-2017.



Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

El trabajo se desarrolla sobre Chile, Colombia y México, el horizonte temporal corresponde al periodo de 1990-2014. Los datos que se utilizan en este análisis surgen de la base de datos del Banco Mundial y la base de datos de LAKLEMS, esto da viabilidad a la investigación, pues al tener esta información disponible no es necesario realizar encuestas, lo que permite exclusiva dedicación al tratamiento y modelado de estos.

## 1.5. Método

Para elaborar este proyecto de investigación se siguieron los pasos del método científico, de forma hipotética deductiva.

Para analizar el cambio tecnológico de la industria manufacturera de Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2015 se tomaron los datos en relación al factor trabajo, factor capital y producción disponible del sector manufacturero de la base de datos del Banco Mundial y la base de datos de LAKLEMS, con dichas bases se construyó un panel equilibrado, el cual tiene una temporalidad de 1990-2014 y está formado por el número de trabajadores ( $L$ ), el *stock* de capital ( $K$ ) y el PIB que aporta la industria manufacturera ( $Q$ ), una vez construido el panel se utilizó frontera estocástica variable en el tiempo para datos panel utilizando una especificación traslogarítmica para calcular el cambio tecnológico en Chile, Colombia y México.

Para realizar el tratamiento de datos en esta tesis se utilizó el programa estadístico STATA 14, mientras que para la elaboración de gráficas se utilizó Python.

## 1.6. Hipótesis de la investigación

Los factores de producción capital, trabajo y cambio tecnológico han incidido de forma positiva en la producción de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014.

## Capítulo 2

---

# Industria manufacturera en Chile, Colombia y México

---

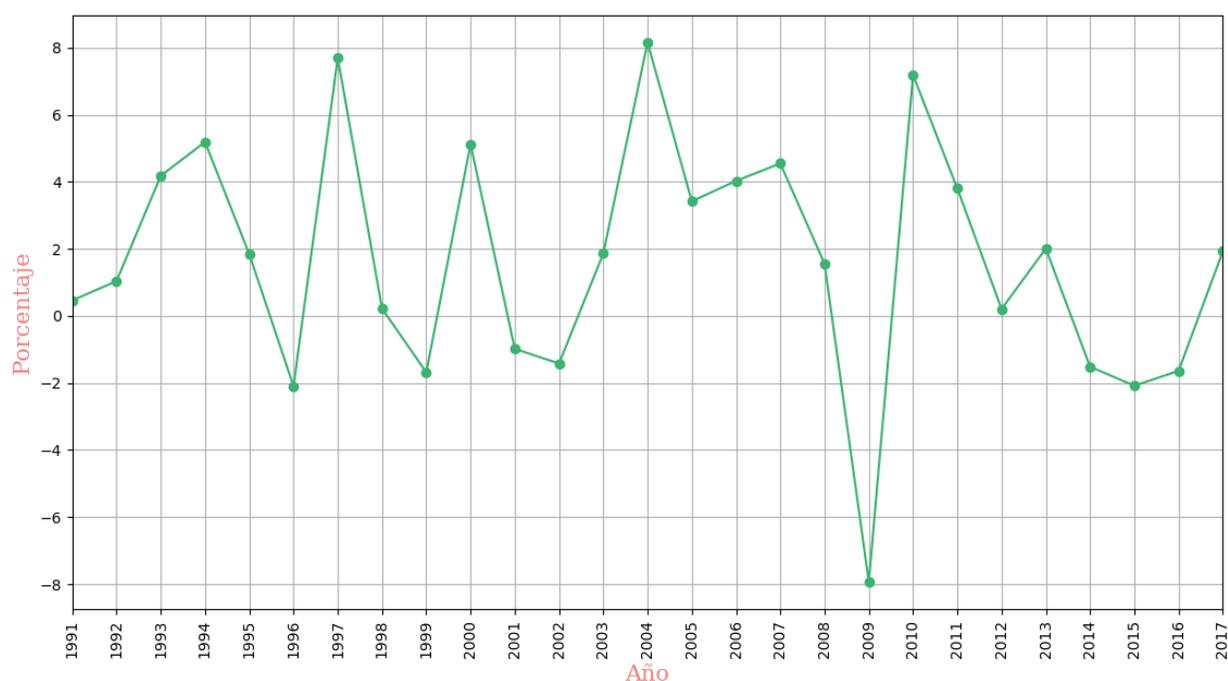
Para América Latina la CEPAL ha jugado un papel importante para su crecimiento industrial, pues desde sus inicios ha sostenido que la reasignación de los factores de producción (trabajo y capital) desde los sectores de baja productividad hacia los de alta productividad era una condición necesaria para lograr un desarrollo industrial y por tanto un crecimiento económico. Este cambio estructural en la producción que la CEPAL sugiere a su vez tiene como consecuencia la inserción de América Latina con economías externas (Manso, 2009).

Después de abandonar el modelo de sustitución de importaciones, la desaceleración del crecimiento en China y la expectativa de un aumento de las tasas de interés en EE.UU. se combinaron para generar una caída en el precio de los commodities, el aumento del precio del dólar a nivel mundial y la reducción en los flujos de capitales hacia Latinoamérica, generando un impacto negativo fuerte sobre la mayoría de las economías de América Latina, como el hecho de que después de crecer a un ritmo promedio anual de +4,2% en el periodo 2004-2013, las economías de latinoaméricas solo crecieron en promedio +1,3% durante 2014, es decir hubo una desaceleración económica importante (Jaramillo, 2009).

Específicamente hablando sobre el valor agregado en porcentaje del PIB que aporta la industria a América Latina, podemos observar en la figura (5) que hay un caída fuerte en

1990, después otro declive en 1995 y uno más en 2008, a partir de este año podemos ver como el porcentaje ha ido cayendo. El desarrollo del sector sigue siendo deficiente, pues aún se debe de hacer cambios estructurales para poder tener una competitividad alta a nivel internacional, para ello se debe mejorar la disponibilidad de mano de obra calificada, la inversión en capital físico, el nivel de infraestructura productiva, el desarrollo de los mercados financieros, los incentivos a la innovación y al desarrollo de habilidades tecnológicas (Rojas, 2012).

Figura 5. Crecimiento en América Latina del valor agregado de la industria manufacturera durante el periodo 1991-2017.



Fuente:Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

El desarrollo de la industria manufacturera es un factor de alto impacto en el crecimiento económico de un país, por ello el tema de productividad es esencial, ya que de esta depende la posibilidad de competir en los mercados internacionales. En las siguientes secciones se abordará de manera particular la situación actual de la industria manufacturera de cada uno de los países de estudios de esta investigación, para el caso de México se le dedica un capítulo

especial, antes de esto se darán las especificaciones sobre qué es la industria manufacturera y las divisiones que se consideraron en este trabajo.

## **2.1. Divisiones de la industria manufacturera en América Latina**

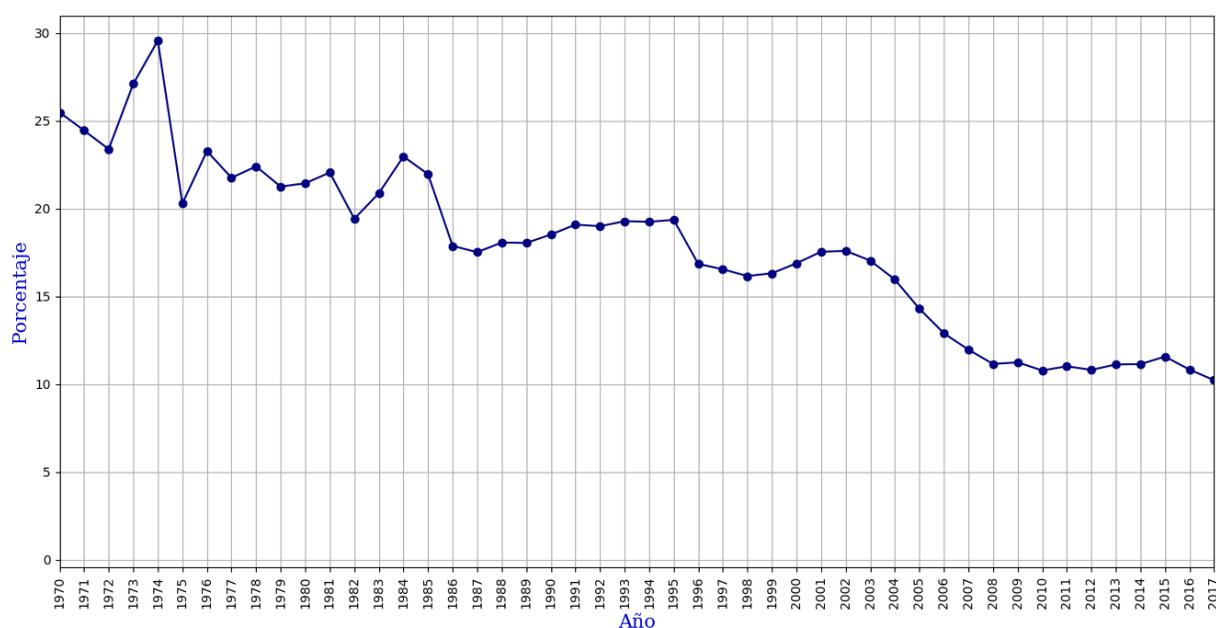
La industria manufacturera es una actividad económica secundaria la cual transforma la materia prima en materiales o sustancias con el fin de obtener nuevos productos. Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos; al ensamble en serie de partes y componentes fabricados; a la reconstrucción en serie de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y al acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Asimismo, se incluye aquí la mezcla de productos para obtener otros diferentes, como aceites, lubricantes, resinas plásticas y fertilizantes. El trabajo de transformación se puede realizar en sitios como plantas, fábricas, talleres, maquiladoras u hogares. Estas unidades económicas usan, generalmente, máquinas accionadas por energía y equipo manual. Incluye también: unidades económicas contratadas para realizar las actividades manufactureras de productos que no son propios (actividades de maquila) (INEGI, 2011). Esta industria se puede realizar en hogares, pequeños establecimientos y talleres, así como en grandes maquiladoras o plantas industriales.

La industria manufacturera está clasificada de acuerdo al tipo de productos que se elaboran, cada uno de los países cuenta con su propio sistema de clasificación Chile usa como clasificador al CIU Revisión 4, Colombia al CIU Revisión 4 y México clasifica la industria manufacturera con SCIAN (Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte), las clasificaciones y divisiones que en general comparten estos países están en el anexo A.

## 2.2. Industria manufacturera: Chile

Durante el periodo de 1970-2018 la industria chilena ha tenido ciclos de crecimiento y declives, en la figura (6) se puede ver como en 2006 hubo un aumento importante en el porcentaje del valor agregado que aporta la industria al PIB, por desgracia a partir de 2005 y hasta 2016 disminuyó este porcentaje casi un 10%, para 2017 se observa un nuevo incremento.

Figura 6. Industria manufacturera, valor agregado porcentaje al PIB 1970-2017 de Chile.



Fuente:Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

La crisis generada en Asia representó un desafío para la economía chilena pues muchos de sus clientes exteriores fueron afectados, derivando una serie de desequilibrios financieros que incidieron sobre la actividad productiva (Fazio, 1998; Caputo, 1998). Debido a esto la tasa de crecimiento del país se vio considerablemente reducida desde el 6,6% de 1997 a  $-0,8\%$  de 1999, después el crecimiento se recupera manteniéndose los años siguientes entre el 3% y el 4,5% (Banco Mundial, 2019), tomando el PIB como referencia se trató de una recesión

corta, su efecto más visible fue a mediano plazo al reducir por mitad la tasa de crecimiento de la economía que durante la primera mitad de los noventa tuvo, por momentos, unos niveles comparables a los de las economías asiáticas.

Al observar el comportamiento del sector industrial, la crisis provocó efectos mucho más marcados. Pueden distinguirse dos fases. La primera, que puede calificarse de “ajuste intenso”, se extiende entre 1997 y 2001. La segunda, que puede calificarse de “recuperación sobre nuevas bases”, va desde 2001 a 2004” (Coq-Huelva, 2010). En el periodo de 1997-2001, durante este periodo el desempleo fue una de las consecuencias más graves, pues durante estos cuatro años la industria manufacturera se perdió más de 85.000 empleos, es decir, esto equivale a casi todos los empleados que se habían creado en los 18 años precedentes; sumado a esto, se produce un estancamiento del valor agregado que permanece básicamente constante en términos reales entre estas dos fechas. Esto es un comportamiento mucho más marcado que para el resto de sectores productivos, ya que el PIB solo tiene tasas negativas de crecimiento en 1999, recuperándose a partir de 2001 al cambiar la coyuntura industrial general, esto genera una recuperación de las tasas de crecimiento, el cambio estructural que se realizó tendente a la creciente orientación exterior de algunas industrias tradicionalmente sustitutivas se consolidó (PADI, 2019).

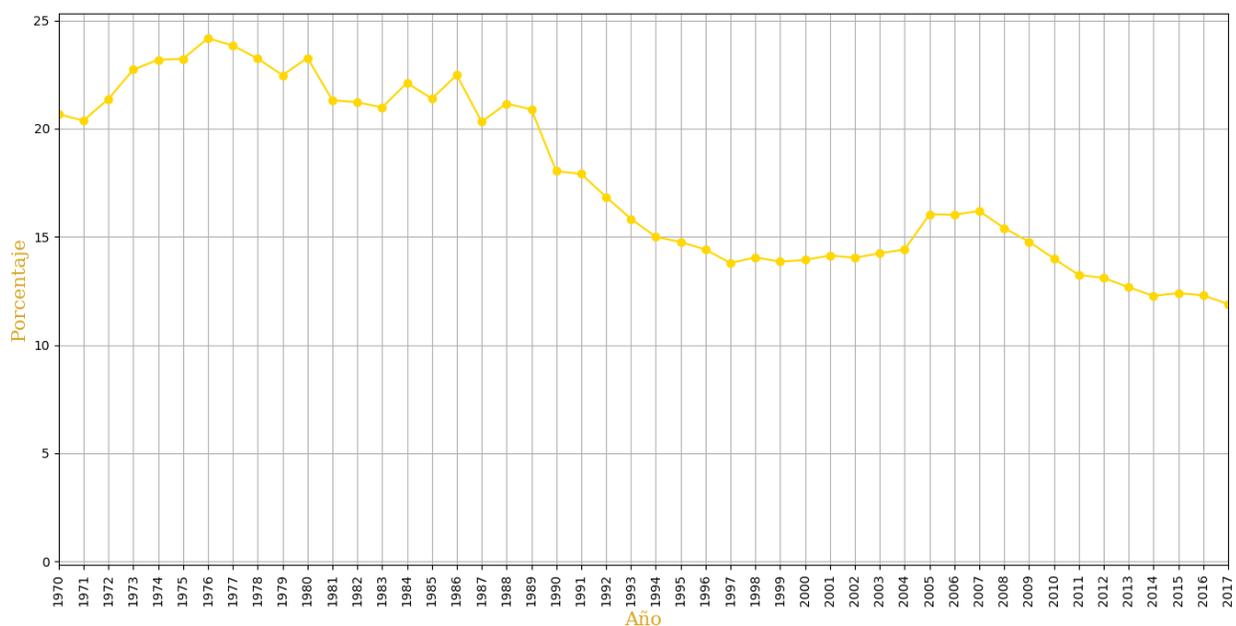
Para el periodo 2001-2004 éste crece a una tasa anual acumulativa que supera el 13%, esto puede explicarse en parte por la fuerte expansión de la inversión que creció casi un 30% durante estos años. Con respecto al empleo industrial también muestra una dinámica expansiva. En estos tres años se crean más de 34.000 empleos, es decir un 40% de los destruidos en los años de crisis, también se produce una expansión importante de los niveles de productividad que crecen poco más 30%, con ello el sector industrial crece y se racionaliza simultáneamente (Banco Mundial, 2019).

Durante 2004 el desarrollo industrial experimentó una importante transformación, pues para este año la actividad exportadora manufacturera ya no tuvo una dependencia exclusiva de las industrias extractivas, gracias a la diversificación de productos, incluyendo un buen número de industrias transformadoras (Coq-Huelva, 2010).

### 2.3. Industria manufacturera: Colombia

El sector industrial colombiano después de convertirse en una economía abierta y pasar por la crisis del 2001 tuvo un periodo de crecimiento de 2003-2012 (ver figura (7)), para el lapso de 2013-2017 la industria de Colombia ha tenido una disminución en el porcentaje del valor agregado que aporta al PIB.

Figura 7. Industria manufacturera, valor agregado porcentaje al PIB 1970-2017 de Colombia.



Fuente:Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

El sector industrial en Colombia es uno de los que más aportes económicos ofrece a esta

nación, muchas de las exportaciones de Colombia está conformada por productos generados por este sector. Los bienes intermedios tienen una amplia participación en la estructura industrial colombiana y esta ha tenido un crecimiento sobre todo debido al sector de fabricación de productos textiles, aunque éste tuvo una caída en su participación en el agregado manufacturero, llegando al 4 % en 2001-2005 luego de participar con el 7 % en 1994-1996 (Garay, 1998).

Respecto al sector fabricación de sustancias químicas básicas también ha reducido su participación en el VAI en más de dos puntos desde 1995, llegando a 3,4 % en 2001-2005. Otros sectores de los bienes intermedios han incrementando su participación en el agregado industrial de manera continua aunque moderada en 1995-2005. Entre ellos están fabricación de productos minerales no metálicos (NCP), plásticos y fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón. Cabe destacar también lo ocurrido en el sector de fabricación de productos básicos del hierro y el acero, el cual contribuyó con el 2,6 % del VAI para 1994-1996. Mientras para el 2001 la cifra de participación fue semejante a la de 1994-1996, en 2005 ésta creció casi 4 puntos porcentuales (Garay, 1998; DNP, 2005)

La industria manufacturera colombiana ha tenido una mayor concentración en las zonas con mayor concentración de población, como son, Bogotá, Medellín y Cali, estas ciudades han sido las de mayor importancia respecto a su participación en el producto, el valor agregado y el empleo industrial. Estas tres ciudades representan en la actualidad casi el 70 % de la industria manufacturera (DANE,2018). En 2005 la EAM reportó que un 55 % del total del valor agregado generado por la industria nacional se concentró en los establecimientos ubicados en las áreas metropolitanas de éstas tres ciudades (DANE, 2018).

Colombia generó un PIB de 32,612 millones de dólares en el año 2015, en este año la industria manufacturera se ubicó como la cuarta actividad productiva más representativa de

la economía colombiana (DANE, 2018). Debido a los acuerdos comerciales y una posición geográfica estratégica, Colombia se ha convertido en un centro de producción, distribución y hub de exportación, este mismo año las exportaciones de manufacturas, alcanzaron los 7,033,1 millones de dólares, los costos competitivos del país son otro factor que ha permitido el crecimiento del sector manufacturero, aunado a esto se ofrece un mercado interno atractivo, una mano de obra calificada y procesos de producción de alta calidad (DANE, 2018). De esta manera se pretende que los productos que se fabrican en Colombia puedan competir a nivel internacional.

En 2013 el gobierno colombiano el Plan de Impulso a la Productividad y el Empleo (PIPE), este ha sido la política más ambiciosa en cuanto a desarrollo industrial que ha impulsado el gobierno en los últimos años, este consta de cuatro ejes (Martín, 2017):

1. Medidas cambiarias arancelarias y tributarias: Dentro de los planes adoptados en este eje se destaca el aumento del ahorro en moneda extranjera, la eliminación de los aportes al SENA de los empleadores, tarifas de retención en la fuente especiales para industriales, implementación de sistema electrónico para devolución del IVA, arancel de cero hasta 2015 de gran parte de bienes de capital y materias primas (Martín, 2017).
2. Medidas específicas para promover la competitividad: En este grupo de acciones las más relevantes son el compromiso del gobierno de reducir los costos de la energía para la industria, implementación de medidas anti-contrabando y contra el comercio ilícito, además se va hacer mejoras tecnológicas que permitan la lucha contra el contrabando (Martín, 2017).
3. Medidas para aumentar la inversión en infraestructura y vivienda: En cuanto a políticas de infraestructura se destaca la inversión adicional de \$771 mil millones para acelerar la ejecución de carreteras que ya están en marcha, e igualmente se presentaron proyectos

de ley para lograr mayor eficiencia y regulación de la infraestructura. Por el lado de la vivienda, se está subsidiando las tasas de interés para créditos dirigidos a las clases medias y se está impulsando la segunda fase de construcción de las 100 mil viviendas estipuladas por el gobierno (Martín, 2017).

4. Medidas para estimular la producción de bienes durables y para fortalecer la competitividad: En este eje las medidas adoptadas son el fortalecimiento de Bancoldex con \$80 mil millones de pesos para financiar el sector industrial y, por otro lado, la consolidación de iNNpulsa Colombia con \$40 mil millones de pesos para incentivar la innovación en la industria (Martín, 2017).

En 2015 se renueva esta propuesta y se plantean mejoras para otros sectores como lo es la minería. Este es el proyecto más ambicioso de Colombia que ha beneficiado a la industria manufacturera (Martín, 2017). ATAVersion=5.50.0.2890

## 2.4. Industria manufacturera: México

Este capítulo está dedicado a la industria manufacturera mexicana, se dará una breve descripción sobre el desarrollo de este sector partiendo del fin de la segunda guerra hasta su situación en 2017.

Después de la segunda guerra mundial se dio una fase de crecimiento económico, una de sus características principales fue el importante aumento sostenido de la productividad en Japón y en los países industrializados en Occidente. En el caso de México durante 1948-1949 hubo una devaluación en la moneda nacional de 4.85 a 8.65 pesos por dólar y en 1954 el valor del peso pasó de 8.65 a 12.50 por dólar (Banco Mundial, 2018), sin olvidar que la tasa de cambio, tarifa y control cuantitativo se utilizaron con el fin de proteger la industria.

Durante la etapa de posguerra para México la tasa de cambio resultaba un instrumento proteccionista de gran importancia, aunque la existencia del Acuerdo de Comercio entre México y Estados Unidos (enero de 1943-diciembre de 1950 (Commerce Weekly,1943)) dificultaba el uso extensivo e intensivo de instrumentos proteccionistas. El papel que jugó el gobierno fue fundamental para comenzar con la industrialización del país (electricidad, gas, petróleo y otras industrias), de 1945 a 1959 el promedio de inversión pública representó el 41,84 % de la inversión total anual de este periodo (Griffiths, 1972). En este lapso temporal de la economía mexicana se usó un modelo de crecimiento con devaluación-inflación.

El apoyo al sector agrícola fue un factor determinante para el crecimiento industrial de México, pues hubo un aumento en la inversión, la cual fue destinada principalmente en obras de riego, de almacenamiento y distribución de productos agropecuarios, lo que hizo que el desarrollo industrial de México tuviera una solidez mayor comparado con el de otros países de latinoamérica, debido a que el campo fungió como base de crecimiento, pues proporcionó mano de obra, materia prima para la naciente industria mexicana, alimento para zonas urbanas y rurales, además las exportaciones de los cultivos permitieron realizar las importaciones de bienes intermedios y de capital para la industria. El proteccionismo, la inversión por parte del Estado en infraestructura para la industrialización de México fueron factores que formaron parte la primera etapa del modelo de Sustitución de Importaciones (es decir, se apuesta por una política comercial y económica que buscaba sustituir las importaciones extranjeras con la producción nacional) (Villarreal, 1998).

Para la etapa avanzada de Sustitución de Importaciones (1959-1970) México logra un avance en la industrialización, además de tener un crecimiento anual promedio de 7,1 % y una estabilidad de precios anual de 2,9 % (NAFINSA, 1974), pero el desequilibrio externo sigue creciendo. Al existir una deficiencia en la balanza de pagos, se apuesta por no realizar

cambios en la tasa de cambio como ajuste al desequilibrio externo sino tener como apoyo el capital extranjero, esto mediante la inversión y préstamos externos. En este periodo se busca un modelo de crecimiento económico estabilizador, para esto se busca tener un control mayor sobre las importaciones y los aranceles son un buen mecanismo para lograr este fin (NAFINSA, 1974).

La política proteccionista continua, el control cuantitativo fue el instrumento proteccionista más usado durante este periodo, en 1956 solo el 25 % de las importaciones estaban controladas mientras que para 1970 existía un control de aproximadamente 68 % de las importaciones (SIC,1956-1970). Para lograr ese control sobre las importaciones la Secretaría de Industria y Comercio elaboró criterios para aceptar una solicitud de importación, algunos de estos criterios fueron los siguientes: a) el bien a importar no se produce dentro del territorio nacional, b) la producción nacional no tenga la capacidad de abastecer la demanda nacional, c) de manera temporal exista escasez en la oferta y deba satisfacerse con importaciones y d) que las mercancías de origen nacional no sustituyan a las extranjeras en términos de precios, calidad y oportunidad de entrega (Bueno,1971).

Entre 1970 y 1975 la economía se caracteriza por un crecimiento relativamente lento e inflacionario comparado con el crecimiento que se había tenido durante el periodo 1959-1970, esto en gran parte por la situación mundial, a principios de los setentas inicia la primera crisis petrolera la cual afectó el PFT de seis países pertenecientes a OCDE (la RFA, Estados Unidos, Francia, Japón, los Países Bajos y el Reino Unido), anterior a esta crisis se tenía un aumento en la tasa media anual de un 3,6 % en el período de 1953 a 1973, después de dicho evento se redujo a un 1,2 % entre 1973 a 1984 (Correa, 2010).

Durante el periodo de gobierno del presidente Echeverría se reconoció el precio de la

industrialización y el modelo de crecimiento estabilizador, es decir el desempleo, la concentración del ingreso, la dependencia externa del capital extranjero, el endeudamiento y baja capacidad de autofinanciamiento del sector público(Correa,2010).

A finales de 1975 se intenta hacer una estructura proteccionista más racional, sin afectar el modelo de Sustitución de Importaciones, por ello en enero de 1975 se hace un cambio en la política arancelaria, con la finalidad de eliminar el carácter excesivo y discriminatorio que había predominado en México en su estructura proteccionista (Correa, 2010).

La crisis petrolera también generó estragos en México, fue durante el gobierno de López Portillo (1976-1982) que debido a la excesiva dependencia petrolera, el aumento del gasto público y una cada vez más frágil situación financiera se generó un aumento de la deuda pública que le quitaba al país la oportunidad de crecimiento. La deuda pública pasó de 19,602 millones de dólares en diciembre de 1976 a 33,813 millones en 1980 y 58,874 millones para 1982 (Aspe, 1993)(Gurría, 1992). El 31 de agosto de 1976 la Secretaría de Hacienda y Crédito Público comunicó sobre el cambio de paridad y flotación del peso, con esto se acabó el periodo de tasa de cambio fija, con lo cual hubo una devaluación en la moneda pasando de 12.50 a 19.70 pesos por dólar, para octubre del mismo año se ubicó en 26,50 pesos. En 1976, el tipo de cambio promedio fue de 15,40 pesos, subiendo a 22,50 en 1977 y 54,31 en 1982 (Gurría, 1992)(Herzog, 2005).

Durante el periodo de 1976-1981 el proceso de desustitución no tuvo como consecuencia una desindustrialización, como pasó en Chile y Argentina en al década de los setentas. Para el periodo antes citado las importaciones hechas por el sector manufacturoaumentaron de un 21 a un 28 %, esto debido al elevado crecimiento de demanda (10.2 % promedio anual), un tipo de cambio sobrevaluado y con menor impacto la reciente apertura comercial Se tuvo

una industrialización sustitutiva que llevó a una devaluación de la moneda nacional y a la crisis de 1970, por ello se decidió hacer un cambio de estrategia, comenzando así un modelo petrolero exportador que lo que provocó una dependencia del petróleo, para 1981 dos terceras partes de las exportaciones totales provenían de los hidrocarburos (Villarreal, 2013). Otra consecuencia de la caída de la moneda nacional fue el incremento en los precios. Para 1981, la fractura del auge petrolero, la caída del precio y reducción de las ventas externas de crudo y otras mercancías que el país exportaba, así como el incremento en las tasas de interés en los mercados internacionales de capital, dan por terminado el período de rápida expansión de la economía nacional (Villarreal, 2013).

México durante 1982 sufrió un estancamiento económico, inflación, agudo desequilibrio externo, fuga de capital, atraso en los pagos de la deuda externa, una devaluación del 500 % en la moneda nacional respecto al dólar (de 25 a 150 pesos por dólar (Banco Mundial, 2018)). En el sexenio de Miguel de la Madrid (1982-1988) implementó durante los tres primeros años el Programa Inmediato de Reordenación Económica (PIRE), cuya finalidad fue combatir la inflación, proteger el empleo y recuperar las bases de un desarrollo dinámico, sostenido y eficiente. Para 1986 se instrumentó el Programa de Aliento y Crecimiento (PAC), donde se planteó la posibilidad de lograr un crecimiento económico lento pero controlando la inflación. En diciembre de 1987 se implementó el Pacto de Solidaridad Económica (PSE), junto con las políticas fiscal y monetaria restrictivas, con el cual se pensaba reducir el gasto corriente. En general a década de los 80's se le ha denominado la década perdida (Brailosvsky, 1989). El modelo que comienza en esta fase de la economía mexicana es llamado por Villarreal como modelo industrial sustitutivo de exportaciones (Villarreal, 2013), este modelo se pretendía que las exportaciones manufactureras lograran ser una parte importante de las exportaciones totales, respecto a las importaciones se da una sustitución aparente o recesiva (Villarreal, 2013).

En el mandato de Salinas (1988-1994), se dio continuidad a las políticas fiscal y monetaria restrictivas. Entre 1989-1992 se instrumentó el Pacto para la Estabilidad y el Crecimiento Económico (PECE), añadiendo políticas heterodoxas (como el control negociado y acordado de los precios líderes de la economía nacional, privatización de empresas, renegociación de la deuda y la aceleración de la apertura comercial, con lo cual se avanzó de forma importante en las políticas de cambio estructural, conocidas como las políticas de las tres d: desprotección vía liberalización comercial, financiera y de inversión extranjera; desregulación vía la liberación de los mercados internos y desestatización vía privatización de las empresas públicas (Villarreal, 1998). Entre 1991 y 1992 se privatizó la banca comercial. El valor de las exportaciones petroleras pasaron de 168,171,65 millones de pesos reales en 1989 a 106,033,93 millones en 1994, es decir, disminuyeron. El tipo de cambio peso/dólar se devaluó en un 37,10 % en el periodo 1989-1994, al pasar de 2,46 pesos por dólar en 1989 a 3,37 pesos en 1994 (Salinas, 2000).

Zedillo tomó posesión el 1 de diciembre de 1994, días después, tuvo una reunión con varios empresarios mexicanos y extranjeros, comentando sobre la devaluación que vendría, la cual sólo planeaba subir la banda de la tasa de cambio fija un 15 %, hasta los 4 pesos por dólar (de 3,4 pesos que se encontraba en promedio en ese año), así como terminar con muchas de las prácticas económicas no ortodoxas (como la compra de deuda ante la situación del país), y así detener la fuga de dólares de las reservas internacionales. Cuando el dólar dejó de ser controlado por el gobierno el peso perdió la mitad de su valor, hecho que ocasionó que las deudas en dólares no pudieran ser pagadas. Las decisiones de Zedillo, principalmente la de anunciar la devaluación a los inversionistas, y el establecer el sistema de libre flotación, fue el “error de diciembre” de acuerdo con el ex presidente Salinas de Gortari (Salinas, 2000).

En el mes de diciembre de 1994 se presentó una importante variación del tipo de cambio, incrementos en la tasa de interés y en los precios, factores que desencadenaron una intensa

fuga de capitales. Debido a estos hechos esto se tomó como medida dar continuidad al PECE (rebautizado con el nombre de Pacto para el Bienestar, la Estabilidad y el Crecimiento). El tipo de cambio pasó de 3,44 (nuevos pesos) por dólar a 4,10 del 1 o al 31 de diciembre de 1994, y 7,66 a finales de 1995 [8]. El peso frente al dólar pierde su valor de manera consecutiva en el periodo 1994- 2000, de 3,37 pesos por dólar en 1994 pasa a 9,45 pesos en 2000, es decir, el peso se devaluó 180,15 % en el periodo 1994-2000 (CEPAL, 1998).

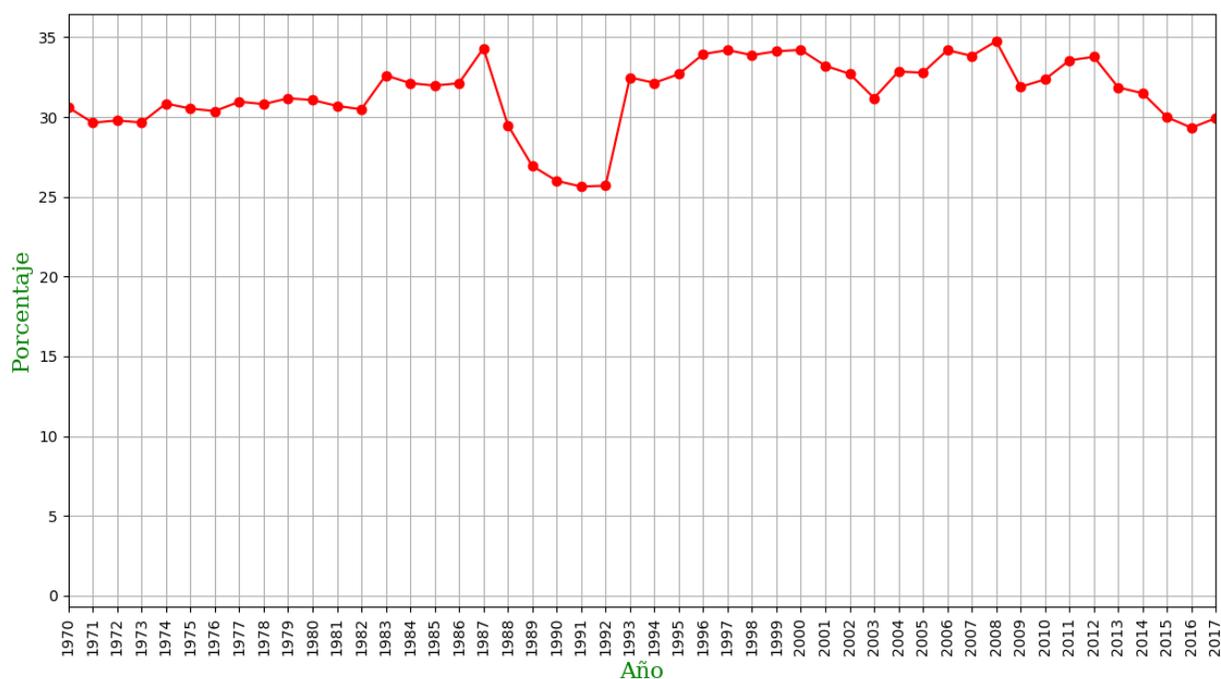
Vicente Fox en su mandato (2000-2006) promovió las actividades de autoempleo de escasa calidad, poco eficiente y de muy baja productividad (los llamados changarros). A partir de este sexenio, y hasta la fecha, se desarrolla el Programa de Desarrollo Humano Oportunidades (ahora Prospera) como mecanismo de combate a la pobreza alimentaria. Las exportaciones petroleras mexicanas (en millones de pesos reales) aumentaron de 147, 406,43 en 2001 a 277, 738,10 en 2004, y 410, 382,50 en 2006. El tipo de cambio peso/dólar aumentó en los años 2001-2004, pasando de 9,34 pesos a 11,28 pesos; es decir, se devaluó en un 20,80 %, pero en 2005 y 2006 se mantiene en un promedio de 10,8 pesos. La inflación promedio anual disminuyó, pasando de 6,36 en 2001 a 3,6 en 2006. En el gobierno foxista, el desempleo (cifras del cuarto trimestre) aumentó de manera considerable, pasando de 915, 418 desempleados en el año 2000 a 1, 600, 891 desempleados en 2006, es decir, un incremento del 78,88 % (IMF, 2005).

El presidente Felipe Calderón continua con el modelo económico de corte neoliberal, con el cual prometió mejorar el nivel de vida de la población mediante la creación continua de empleos bien remunerados. Sin embargo, la economía mexicana atravesó por una severa crisis económica y social en 2008; reflejada en problemas serios de desempleo, inseguridad, narcotráfico, marginación, altos índices de pobreza y, sobre todo, un débil sistema institucional. Este comportamiento fue producto de la incertidumbre financiera de la mundial y las crecientes necesidades de liquidez de diversas instituciones para poder cumplir con sus

compromisos financieros. Lo primero ha llevado a que los grandes inversionistas mundiales busquen deshacerse de sus activos en otros países y traten de convertir esos recursos de moneda local a dólares (Banco Mundial, 2012).

En la figura (8) se presenta la evolución del porcentaje del valor agregado que aporta la industria al PIB durante el periodo de 1970-2017 de México, en 1993 hubo un aumento importante en el porcentaje, sin embargo de 2001-2003 el porcentaje que agregado que aportaba al PIB comenzó a disminuir, para la crisis de 2008 hay otra disminución importante, nuevamente de 2013-2016 hay un periodo de disminución y es hasta 2017 que hay un pequeño aumento, se debe resaltar el hecho de la importancia de la manufactura para México pues aún en su punto más bajo históricamente este sector representaba poco más del 25 % del PIB (Banco Mundial, 2019).

Figura 8. Industria, valor agregado porcentaje del PIB 1970-2017 de México.



Fuente:Elaboración propia con base en Banco Mundial, 2019.

A lo largo de los años la industria manufacturera se ha convertido en un sector importante para el país, el sector manufacturero va de la mano con las exportaciones, pues actualmente gracias al uso de nuevas tecnologías en el comercio incluso las pequeñas industrias pueden enviar sus productos a otros países. De hecho durante el período de 1993-2006 las exportaciones totales de México aumentaron ampliamente posicionado al país entre las cuatro economías con mayor éxito de exportación. Cabe señalar que este auge se concentra en pocas empresas, en una escasa variedad de productos dirigidos a una sola economía, la de los Estados Unidos, este problema fue abordado desde los primeros años del TLCAN.

El comportamiento del sector manufacturero es campo de estudio de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM). Dicha encuesta es dada a conocer por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), sirviendo así para los indicadores económicos sobre la producción, la productividad, el empleo, el costo unitario de la mano de obra, entre otros. Se sabe que el 27% proveniente de la exportación de manufactura avanzada, aseguró Paulo Carreño, director general de ProMéxico durante el Foro Manufacturero Mundial 2017 (Sánchez, 2017), por ello vital para la economía de México tomar medidas para mejorar la productividad de la industria manufacturera, para esto se debe de hacer un análisis de la productividad en dicho sector e identificar los factores que se deben mejorar.

# Capítulo 3

---

## Enfoque teórico del cambio tecnológico

---

La tecnología hoy en día es vital para el sector manufacturero pues de esta depende la capacidad de una industria para competir en el mercado internacional. El concepto de cambio tecnológico ha ido evolucionando a lo largo de la historia desde el siglo XVIII hasta la actualidad donde este concepto se ha logrado matematizar para poder ser cuantificado, en este capítulo se aborda el enfoque teórico que se usa en la presente tesis mostrando la evolución del concepto de cambio tecnológico, así como la definición de una función de producción y la importancia de esta en la industria manufacturera.

### 3.1. El concepto de cambio tecnológico a lo largo de la historia

A lo largo de la historia el concepto de cambio tecnológico ha sido definido por diferentes autores, pues el conocimiento tecnológico ha sido un tema de estudio para los economistas desde finales del siglo XVIII. Para los economistas clásicos el conocimiento tecnológico era un factor determinante en el desarrollo de la sociedad, sin embargo, para la escuela neoclásica, se enfocaron en el análisis de otros problemas en los que la tecnología quedaba en un papel secundario. No obstante, los desarrollos teóricos de los últimos años en áreas como el crecimiento económico, la organización industrial y la historia económica, han hecho que el análisis del conocimiento tecnológico haya cobrado nueva vigencia (Benavides,2005).

Diversos economistas han hecho mención de la importancia que tiene el avance del conocimiento tecnológico en el desarrollo económico de la sociedad capitalista (Freeman, 1988), para Adam Smith, en el libro primero de “La Riqueza de las Naciones”, al desarrollar la idea de división del trabajo mostró algunas de las causas y de las consecuencias del avance tecnológico, señaló que éste se generaba como resultado de “la mayor destreza de cada obrero en particular [...] el ahorro de tiempo que comúnmente se pierde al pasar de una ocupación a otra y la invención de un gran número de máquinas que facilitan y abrevian el trabajo” (Smith, 1776).

En el siglo XIX, Marx asignó un papel clave al conocimiento tecnológico como elemento explicativo de la evolución socio-económica de la sociedad capitalista, señalando que la tecnología “nos muestra la actitud del hombre ante la naturaleza, el proceso directo de producción de su vida, y, por lo tanto, de las condiciones de su vida social y de las ideas y representaciones espirituales que de ellas se derivan” (Marx 1867), además de identificar el papel de los empresarios en este proceso al decir que “la burguesía no puede existir sin revolucionar constantemente los medios de producción” (Freeman, 1988).

Schumpeter (Schumpeter, 1934), define como cambio tecnológico al proceso de destrucción creativa, el cual permite que la economía y los agentes económicos evolucionen; de esta forma las empresas pueden administrar sus recursos de forma más óptima conforme cambian sus procesos a lo largo del tiempo, lo cual permite volverse más competitivo. Para la Unesco (Unesco, 1977) el concepto de cambio tecnológico involucra el empleo de los resultados de la investigación fundamental y aplicada en la introducción de nuevas aplicaciones o en la mejora de aplicaciones ya existentes. El Manual de Oslo (OCDE y Eurostat, 2005) basado en la definición de cambio tecnológico dada por Schumpeter define a la innovación tecnoló-

gica como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado producto o servicio, de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo al mercado y la sociedad. El cambio tecnológico también puede definirse también como el proceso que permite conjugar habilidades y técnicas en función de dar soluciones novedosas a problemas particulares (Fagerberg et al., 2005).

La industria han desempeñado un papel central en los procesos de desarrollo, introducción y difusión de innovaciones al mercado (Schumpeter, 1978). Durante la primera mitad del siglo XX Schumpeter, retomó el análisis del cambio tecnológico. Para Schumpeter, el cambio tecnológico “era solamente objeto de estudio por parte de la historia económica [...] que es una parte de la historia universal” (Schumpeter, 1912), se debe mencionar que en ese momento no existía una teoría económica del cambio tecnológico, para Schumpeter, el avance en el conocimiento tecnológico constituye un elemento esencial del análisis económico, y sentó las bases para su desarrollo al introducir el concepto de “innovación tecnológica” (Benavides, 2005).

Desde el punto de vista de Schumpeter, la innovación tecnológica se presenta mediante cambios cualitativos que implican alteraciones en la técnica de producción y en la organización productiva, al igual que Marx, Schumpeter asignó un papel clave a los empresarios en las transformaciones tecnológicas, al señalarlos como los portadores del cambio en el proceso productivo (Hodgson, 1993).

Para Schumpeter la innovación tecnológica es un proceso en el que se ponen en práctica nuevas combinaciones entre materiales y fuerzas. De estas nuevas combinaciones pueden surgir nuevos bienes o el mejoramiento de su calidad; nuevos métodos de producción; nuevos mercados; nuevas fuentes de materias primas o una nueva organización en la industria, ade-

más Schumpeter señaló que la mejor forma de producir, hablando teóricamente, es el más ventajoso entre los probados empíricamente y que se haya hecho familiar, pero no el mejor de los métodos posibles en ese momento. El análisis de las prácticas productivas a las que denominó rutinas es otro aporte importante de Schumpeter, las cuales son el conjunto de ideas o reglas que rigen la conducta diaria de las firmas, es decir desde este punto de vista, la innovación tecnológica representa cambios en las rutinas (Schumpeter, 1912).

El trabajo de Schumpeter sirvió de base para los desarrollos posteriores con los que se demostró que no es posible analizar el cambio tecnológico dentro de las posibilidades que ofrece el equilibrio general, esto debido a que se requiere de un marco teórico de naturaleza dinámica en el cual el cambio en el conocimiento tecnológico sea el resultado de un proceso desarrollado por parte de los productores, es decir, que sea un proceso de carácter endógeno (Benavides, 2005).

Para Porter, el cambio tecnológico consiste en el proceso de cambio, el cual no se puede separar del contexto estratégico y competitivo de una compañía (Porter, 1990), Drucker concuerda con lo anterior pues afirma que el cambio tecnológico sistemático consiste en la búsqueda, organizada y con un objetivo, de cambios y en el análisis sistemático de las oportunidades que ellos pueden ofrecer para la innovación social o económica (Drucker, 1997). Afuah, hace mención de la necesidad de conocer la dinámica del cambio tecnológico con la finalidad de poder realizar un cambio tecnológico de forma óptima (Afuah, 1999).

A pesar de que se tiene diferentes definiciones sobre cambio tecnológico, existen concordancias que Biscay conjunta al definir este concepto como “el resultado de las innovaciones, la puesta en marcha de la implantación de una nueva innovación que permite mejorar los métodos de producción y aumentar la productividad; manifestándose a través de cambios en

máquinas y en nuevas organizaciones de trabajo. El Progreso técnico es factor de crecimiento” (Biscay, 2007).

Allen clasificó el cambio tecnológico en dos grandes grupos (Allen, 1967):

1. Incorporado: se presenta cuando existen cambios en las unidades de los factores de producción: Labor-saving-technical-change (lstc) y Capital-saving-technical-change (cstc).
2. No incorporado: factors-augmenting-technical-change (fatc), que se presenta cuando la eficacia de ambos factores de producción se incrementa; el labor-augmenting-technical-change (latc)

Para cuantificar el grado o nivel de innovación de las empresas, es fundamental definir de qué se está hablando cuando se usa el término “innovación”, como se ha visto este concepto puede ser definido como un proceso que facilita la competitividad empresarial y contribuye al desarrollo económico de las sociedades (Lundvall & Maskell, 2000); por ello la capacidad innovativa de la industria, puede ser entendida como la potencialidad de idear, planear y realizar innovaciones a partir del uso de los conocimientos tecnológicos y organizativos formales e informales en la firma (Romero, 2010). Por ello, el proceso de innovación que se genera es resultado de la interacción que existe entre competencias desarrolladas, el aprendizaje que se va desarrollando, la cultura organizacional y el ambiente en el que la firma actúa (Yoguel & Bosquerini, 1996). Con lo expuesto anteriormente podemos concluir que la innovación es un proceso complejo que consiste en transformar el conocimiento genérico en conocimiento específico, a partir de las competencias desarrolladas por la empresa, mediante aprendizaje.

## 3.2. La clasificación del cambio tecnológico

El progreso técnico o cambio tecnológico es todo aumento de la cantidad producida sin alterar la cantidad de factores utilizados, para esta tesis se usará el término “cambio tecnológico”. Si una persona produce más con la misma herramienta, el aumento de producto será atribuible a un progreso tecnológico. Llamamos tecnología al estado del progreso técnico en un momento determinado. Se denomina técnica a toda combinación factorial de trabajo y capital dentro de una función de producción representada matemáticamente como se muestra en la ecuación (1) (Allen, 1967):

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

donde  $Y$  es la producción u *output*,  $F$  es la función de producción,  $K$  es la cantidad de capital utilizado en el proceso productivo y  $L$  es la cantidad de trabajo utilizada.

Existen formas de cambio tecnológico que cambian la función de producción de tal manera que no se altere con el tiempo el equilibrio existente entre capital y trabajo en la producción actual. Este tipo de cambio tecnológico se conoce cambio tecnológico neutral, el cual representa el cambio tecnológico sin sesgo en dirección de cualquier ahorro de capital o de trabajo (Allen, 1967). Es por ello que es importante definir si se considerará un cambio tecnológico neutral o no neutral.

### 3.2.1. Cambio tecnológico neutral de Harrod

Harrod afirmaba que el cambio tecnológico es insesgado y se considera que el cambio tecnológico es neutral (neutralidad de Harrod). Se obtiene cuando la función de producción cambia con el tiempo de acuerdo con la forma:

$$Y = F(K, L) \tag{2}$$

donde  $\alpha = \alpha(t)$  sujeto a  $\alpha(t) = 1$  con  $t = 0$  y  $\alpha(t) > 1$ ,  $\alpha'(t) > 0$  para  $t > 0$ .

Esta definición sigue el concepto de Joan Robinson en al cual afirma que se trata de un aumento completo de la eficiencia del trabajo (Robinson,1938), en lugar de la definición original (y equivalente). Podemos escribir la función de producción:

$$Y = F(K, \alpha\bar{L})$$

donde  $\bar{L} = \alpha(t)L$ , lo que proporciona una forma fija para la función de producción, pero con la entrada de trabajo  $L$  medida en unidades de eficiencia en lugar de las unidades naturales de la fuerza laboral como puede ser el número de años-hombre.

Se tiene la opción de tomar una función de producción variable  $Y = F(K, \alpha(t), L)$  con las unidades naturales para trabajo (hombres) así como para capital ó bien se puede definir una función de producción fija  $Y = F(K, L)$  ajustando las unidades para que el trabajo varíe con el tiempo. En la segunda alternativa,  $L$  es trabajo en unidades de eficiencia, conectadas con las unidades naturales (hombres) por medio de la relación  $\alpha(t)L$  en cada punto del tiempo  $t$  (Allen, 1967).

Con lo anterior se puede observar que el cambio tecnológico de esta forma aumenta la mano de obra en el sentido de que es equivalente a un aumento correspondiente en la fuerza laboral. Dado que  $\alpha$  aumenta con el tiempo,  $Y = F(K, \alpha(t), L)$  implica que se puede obtener un producto dado de una entrada de capital dada combinada con una entrada de trabajo  $L$  en hombres que disminuye a medida que pasa el tiempo. Alternativamente,  $Y = F(K, L)$  implica que se puede obtener un producto dado a partir de un insumo de capital dado y el mismo insumo laboral  $L$  a lo largo del tiempo pero medido en unidades de eficiencia. A medida que pasa el tiempo, una fuerza laboral dada  $L$  en hombres representa un número creciente de unidades de eficiencia debido a progreso técnico  $\alpha(t)L$ ; por ello, el mismo aporte

en las unidades de eficiencia representa un número decreciente de hombres. En el cambio tecnológico neutral para Harrod, un hombre en un tiempo  $t$  realiza su trabajo  $\alpha$  veces más rápido su trabajo que original. Por ejemplo, el cambio tecnológico puede funcionar de modo que un hombre haga tanto como solían hacer dos hombres, luego tanto como tres hombres, y así sucesivamente (Allen, 1967).

De esta forma, el cambio tecnológico avanza a un ritmo proporcional  $d\alpha/\alpha dt$ , generalmente varía con el tiempo. Si está en una constante proporcional tasa  $m$ , entonces:

$$\frac{1}{\alpha} \frac{d\alpha}{dt} = m$$

con  $\alpha = 1$  y  $t = 0$ . Por lo tanto:

$$\alpha = e^{mt} \tag{3}$$

Por tanto el cambio tecnológico para Harrod a velocidad constante  $m$  viene dado por:

$$Y = F(K, e^{mt}L) \tag{4}$$

o bien se puede expresar como:

$$Y = F(K, L) \text{ donde } L = e^{mt} \tag{5}$$

Se está considerando modelos de crecimiento en los que se prevee  $Y$  y  $K$  crecen a la misma tasa de crecimiento garantizada. Se espera que la relación producto-capital  $Y/K$  sea constante en el tiempo, o al menos se establezca en un nivel constante en el límite, el cambio tecnológico neutral de Harrod garantiza que esto sea posible. El cambio tecnológico corresponde a un aumento de la fuerza laboral. Si un modelo sin cambio tecnológico tiene un crecimiento en estado estacionario cuando la tasa natural es  $n$  (tasa de crecimiento de la fuerza laboral), entonces el mismo modelo con cambio tecnológico neutral de Harrod a la tasa  $m$  debería tener un crecimiento en estado estacionario para una tasa natural de  $m + n$  (tasa de crecimiento de la fuerza laboral y progreso técnico juntos) (Allen, 1967).

### 3.2.2. Cambio tecnológico neutral de Solow

En este caso comparado con la neutralidad de Harrod es el capital el factor que crece en lugar del aumento de trabajo. La función de producción cambiante es (Allen, 1967):

$$Y = F(\alpha K, L) \quad (6)$$

donde  $\alpha = \alpha(t)$ , sujeto a las mismas condiciones antes mencionadas para la neutralidad de Harrod. Alternativamente podemos representar (6) como:

$$Y = F(\bar{K}, L) \text{ donde } \bar{K} = \alpha K \quad (7)$$

en términos de una función de producción fija pero con capital medido en unidades de eficiencia que varían con el tiempo.

Las propiedades del cambio tecnológico en esta forma son similares a las de la neutralidad de Harrod con las propiedades de  $K$  y  $L$  intercambiadas. Allen afirma que la neutralidad de Solow no es una forma apropiada de cambio tecnológico para los modelos de crecimiento en los que la relación producto-capital es constante, al menos mientras el cambio tecnológico sea del tipo incorpóreo (Allen, 1967). Se vuelve más relevante, y de hecho fue considerado por Solow (Solow, 1963), a modelos del tipo vintage en los que el cambio tecnológico se materializa en sucesivas cosechas de máquinas que se vuelven más eficientes a medida que pasa el tiempo.

### 3.2.3. Cambio tecnológico neutral de Hicks

La neutralidad de Hicks es la forma de cambio tecnológico incorpóreo que parece conformarse más naturalmente a la idea de neutralidad, y fue el primer tipo que se propuso. Se obtiene cuando la función de producción cambia con el tiempo mediante un desplazamiento uniforme hacia arriba de toda la función (Allen, 1967):

$$Y = \alpha F(K, L) \quad (8)$$

donde  $\alpha = \alpha(t)$  sujeto a las mismas condiciones antes mencionadas para la neutralidad de Harrod. Si las entradas  $K$  y  $L$ , en sus unidades naturales, permanecen sin alteraciones, entonces se obtiene un producto que aumenta con el tiempo a la tasa nominal proporcional de la forma  $d\alpha/dt$ . La función de producción fija  $F$  es lineal y homogénea en  $K$  y  $L$ , con rendimientos constantes, entonces el cambio tecnológico neutral de Hicks es una combinación directa de los otros dos tipos neutralidad; es igualmente un aumento de trabajo y capital. La propiedad lineal y homogénea es que  $F(\alpha K, \alpha L) = \alpha F(K, L)$  para cualquier  $\alpha > 0$ . Por lo tanto, la función de producción cambiante en el caso de la neutralidad de Hicks, de rendimientos constantes es:

$$Y = F(\bar{K}, \bar{L}) \text{ donde } \bar{K} = \alpha K \text{ y } \bar{L} = \alpha L \quad (9)$$

Allen nuevamente deduce que la neutralidad en la neutralidad de Hicks no es un concepto apropiado para un modelo de crecimiento en estado estacionario con cambio tecnológico incorporado. No es consistente con una relación constante de producción-capital (Allen, 1967).

### 3.3. Rendimientos constantes

Formalmente, una función de producción definida como  $F(K, L)$  puede tener:

1. Rendimientos constantes de escala si (para cualquier constante  $\alpha$  igual que 1):

$$F(\alpha K, \alpha L) = \alpha F(K, L).$$

2. Rendimientos crecientes de escala si (para cualquier constante  $\alpha$  mayor que 1):

$$F(\alpha K, \alpha L) > \alpha F(K, L)$$

3. Rendimientos decrecientes de escala si (para cualquier constante  $\alpha$  menor que 1):

$$F(\alpha K, \alpha L) < \alpha F(K, L)$$

tal que  $K$  y  $L$  son los factores de producción capital y trabajo, respectivamente.

El caso a explorar con mayor detalle es aquel en el que la función de producción está sujeta a rendimientos constantes. Entonces es de forma lineal y homogénea, de modo que, además del cambio tecnológico, la función  $Y = F(K, L)$  puede reducirse a la forma bidimensional en términos per cápita:  $y = f(k)$  donde  $y = Y/L$  y  $k = K/L$ . Considerando el cambio tecnológico incorpóreo con referencia particular a la neutralidad de Harrod a un ritmo constante  $m$ . Con estas consideraciones se tiene las siguientes afirmaciones (Allen, 1967):

1. Si el cambio tecnológico es neutral tipo Harrod con rendimientos constantes a escala, entonces el producto marginal del capital ( $\partial Y/\partial K$ ) permanece constante a lo largo del tiempo siempre que la relación producto-capital ( $Y/K$ ) sea constante en el tiempo.
2. Si el cambio tecnológico es neutral tipo Harrod bajo una competencia perfecta con rendimientos constantes a escala, entonces la tasa de beneficio  $p$  permanece constante a lo largo del tiempo donde la relación producto-capital es constante a lo largo del tiempo.
3. Si el cambio tecnológico es neutral tipo Harrod y si hay rendimientos constantes a escala, entonces la tecnología permite que la producción y el capital tengan una tasa de crecimiento común en estado estacionario, la tasa natural  $\mu = m + n$  obtenido al sumar la tasa de progreso técnico y la tasa de crecimiento de la fuerza laboral. El producto o ingreso per cápita entonces crece a la misma tasa ( $m$ ) que el progreso técnico.

### 3.4. Caso: Coeficientes fijos

Si se tiene una función de producción con coeficientes fijos ( $u$  y  $v$ ), se tiene el caso especial donde hay rendimientos constantes pero no hay sustitución entre los insumos de capital y

trabajo. El concepto de cambio tecnológico neutral se puede aplicar fácilmente al caso de los coeficientes fijos.

### 3.4.1. Cambio tecnológico: neutralidad de Harrod

En general, la función de producción cambiante es:

$$Y = \frac{K}{v} = \frac{L}{u} \text{ donde } L = \alpha(t)L$$

donde  $\alpha(t)$  sujeto a  $\alpha(t) = 1$  con  $t = 0$  y  $\alpha(t) > 1$ ,  $\alpha'(t) > 0$  para  $t > 0$ . Sin embargo, avanzamos a la tasa dada (proporcional)  $m$  para que  $\alpha(t) = e^{mt}$ :

$$\frac{K}{v} = \frac{L}{u} \text{ donde } L = e^{mt}L. \quad (10)$$

Tomando (10) como nuestra tecnología cambiante, se puede introducir el cambio tecnológico tanto en los modelos de acumulación de capital orientados a la demanda como en los modelos de crecimiento Harrod-Domar. Estos modelos se basan en una función de producción con coeficientes fijos, que ahora se muestran como (10) (Allen,1967).

Los modelos orientados a la demanda no se ven afectados por el cambio tecnológico, excepto si existe un cambio notorio en la demanda de mano de obra llevada al mercado laboral. Las condiciones de equilibrio ( $K = vY$  y  $DK = sY$ ) no cambian ya que la primera proviene de (10) cualquiera que sea la tasa de cambio tecnológico (neutralidad de Harrod). El modelo de desequilibrio utilizado para evaluar la estabilidad del crecimiento en estado estacionario no ha cambiado. La solución de equilibrio sigue siendo única: crecimiento del producto (y *stock* de capital) a la tasa garantizada  $g = s/v$ ; y el crecimiento es estable o inestable en exactamente las mismas circunstancias que antes. Todo lo que se cambia es que la demanda de trabajo (producto dado  $Y$ ) es  $L = uY$ , medida en unidades de eficiencia (Allen,1967). Para obtener la demanda en unidades naturales (hombres) contra la fuerza laboral, escribimos  $L = Le^{-mt}$  obteniendo:

$$L = (ue^{-mt})Y. \quad (11)$$

La demanda de mano de obra se reduce por la existencia de cambio tecnológico. Esto es un reflejo del hecho de que el tipo de progreso técnico asumido es un aumento de mano de obra (Allen,1967).

La aplicación al modelo de crecimiento Harrod-Domar es inmediata. La demanda de trabajo (11) se compara con la fuerza laboral dada, que se supone que crece a la tasa constante  $n$ , en condiciones de equilibrio del pleno empleo (Allen,1967):

$$L = (ue^{-mt})Y = L_0e^{nt}$$

esto puede ser expresado como:

$$uY = L_0e^{\mu t} \text{ donde } \mu = m + n$$

Donde  $\mu = m + n$  es la tasa natural de crecimiento en el modelo. Respecto al equilibrio, la producción  $Y$  crece a la tasa garantizada  $g = s/v$ . Para el crecimiento en estado estacionario, los parámetros del modelo deben satisfacer la condición:

$$s/v = m + n \tag{12}$$

que expresa la necesidad de un acuerdo entre las tasas de crecimiento garantizadas y las naturales. Existen cuatro parámetros involucrados. Cuando  $m = 0$ , el caso de que no hay cambio tecnológico, volvemos a obtener la condición familiar:  $s/v = n$ . Cuando  $m > 0$ , es más probable que se cumpla la condición (12) para valores razonables de los parámetros  $s$  y  $v$ . Si  $s$  está entre 01 y 02 y si  $v$  oscila entre 2 y 4 en datos anuales, entonces el valor natural la tasa  $\mu = m + n$  debe estar en el rango de 2,5% a 10% por año. Esto es posible, incluso para tasas de lentas de cambio tecnológico y de crecimiento de la población (Allen,1967). Es decir:

Si la tecnología tiene coeficientes fijos y cambio tecnológico neutral tipo Harrod a la tasa dada  $m$ , entonces la tasa de crecimiento garantizada  $g = s/v$  en un modelo de crecimiento

Harrod-Domar es independiente de  $m$ , y la condición para el crecimiento en estado estacionario cuando el trabajo crece a la velocidad dada  $n$  se convierte en  $g = \mu$  donde  $\mu = m + n$ , es decir, los cuatro parámetros deben ajustarse a la condición  $s/v = m + n$  (Allen,1967).

Se puede observar que el cambio tecnológico del tipo de aumento de mano de obra se ajusta fácilmente al marco de modelos de crecimiento basados en coeficientes de producción fijos (Allen,1967).

### 3.4.2. Cambio tecnológico: neutralidad Solow

El cambio tecnológico neutral de Solow al ritmo  $m$  donde la función de producción cambiante es:

$$\frac{\bar{K}}{v} = \frac{L}{u} \text{ donde } \bar{K} = e^{mt} K. \quad (13)$$

La consecuencia de esto es que el crecimiento en estado estacionario ya no es consistente con los modelos Harrod-Domar extendidos para incluir el cambio tecnológico (13). Se desea encontrar la solución de los modelos en los que las tasas de crecimiento del producto y del *stock* de capital  $K$  sean constantes a lo largo del tiempo e iguales. La relación entre  $Y$  y  $K$  permitida por la función de producción mostrada en (13) en forma logarítmica es:

$$\log Y = mt + \log K - \log v$$

entonces se obtiene:

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = m + \frac{1}{K} \frac{dK}{dt}$$

Se puede observar que la tasa de crecimiento del producto debe exceder la tasa del *stock* de capital en la medida del cambio tecnológico. Las tasas de crecimiento reales de equilibrio se encuentran resolviendo las ecuaciones del mercado de productos y confirman que, aunque las tasas varían con el tiempo, su diferencia es una constante  $m$  (Allen,1967).

Se puede concluir que, al menos en este caso de coeficientes fijos, el cambio tecnológico de un tipo de aumento de capital (neutralidad de Solow) no es consistente con el crecimiento en estado estacionario. Se llega a la misma conclusión para el cambio tecnológico de la forma de neutralidad de Hicks, dando una función de producción variable (con coeficientes fijos) que es una combinación de (10) y (13) (Allen,1967).

### 3.5. Cambio tecnológico: Solow

En 1957, Robert Solow publica su investigación más conocida “Technical change and the aggregate production function”, el cual se ha convertido en una herramienta para entender el crecimiento de los países, por ser una aproximación empírica al desarrollo de sus principales determinantes (Bernal,2010). En esta sección se analiza la propuesta de Solow para analizar la productividad.

Solow comienza explicando el concepto matemático de su modelo, para ello define primero sus variables, donde  $Q$  representa la producción,  $K$  y  $L$  representan entradas de capital y mano de obra en unidades “físicas”, entonces la función de producción agregada se puede escribir como:

$$Q = F(K, L; t). \quad (14)$$

La variable  $t$  para el tiempo aparece en  $F$  para permitir el cambio tecnológico. Solow utiliza “cambio tecnológico” como una expresión para abreviar cualquier tipo de cambio en la función de producción; por ende la desaceleración, las aceleraciones, las mejoras en la educación de la fuerza laboral y todo tipo de cosas se toman como “cambios tecnológicos”.

Solow comienza con el caso especial de cambio tecnológico neutral, los cambios en la función de producción se definen como neutros si dejan intactas las tasas marginales de sustitución, pero aumentan o disminuyen la producción que se puede obtener a partir de datos dados. En ese caso la función de producción toma la forma especial.

$$Q = A(t)f(K, L) \quad (15)$$

aquí  $A(t)$  mide el efecto acumulado de los cambios en el tiempo. Diferenciar (14) totalmente con respecto al tiempo y la división por  $Q$  y se obtiene

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + A \frac{\partial f}{\partial K} \frac{\dot{K}}{Q} + A \frac{\partial f}{\partial L} \frac{\dot{L}}{Q} \quad (16)$$

los puntos indican derivadas de tiempo, después define  $w_K = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q}$  y  $w_L = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q}$ , estas relaciones se sustituyen en la ecuación (16):

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + w_K \frac{\dot{K}}{K} + w_L \frac{\dot{L}}{L} \quad (17)$$

A partir de series temporales de  $\frac{\dot{Q}}{Q}$ ,  $w_K$ ,  $\frac{\dot{K}}{K}$ ,  $w_L$ , y  $\frac{\dot{L}}{L}$ , se puede estimar  $\frac{\dot{A}}{A}$ , por lo tanto,  $A(t)$ . En realidad aquí sucede algo divertido. Asumiendo que los factores son pagados por sus productos marginales, es equivalente a asumir las hipótesis del teorema de Euler, con ello Solow asume como conclusión,  $F$  es homogéneo de grado uno. Esto tiene la ventaja de hacer que todo salga bien en términos de magnitudes intensivas. Sea  $Q/L = q$ ,  $K/L = k$ ,  $w_I = I - w_K$ ; tenga en cuenta que  $\dot{q}/q = \dot{Q}/Q - \dot{L}/L$  etc., y (16) se convierten en:

$$\frac{\dot{q}}{q} = \frac{\dot{A}}{A} + w_K \frac{\dot{k}}{k} \quad (18)$$

Con ello ahora solo es necesario obtener la parte técnica, el índice de cambio  $A(t)$  son series para la salida por hora hombre, capital por hora hombre, y la cuota de capital. Se ha asumido que el cambio técnico es neutral, si volvemos a (17) y se usa el mismo razonamiento se obtiene:

$$\frac{\dot{q}}{q} = \frac{1}{F} \frac{\partial F}{\partial t} + w_K \frac{\dot{k}}{k} \quad (19)$$

Se puede mostrar que integrando la ecuación diferencial parcial, que si  $\dot{F}/F$  es independiente de  $K$  y  $L$  (en realidad bajo rendimientos constantes a escala solo  $K/L$  tienen relevancia) entonces (17) toma la forma especial (14) y los desplazamientos en la función de producción son neutrales. Si además  $\dot{F}/F$  es constante en el tiempo, digamos igual  $a$ , luego  $A(t) = e^{at}$  o la aproximación discreta  $A(t) = (Q = F(K, L; t) + a)$ .

En los casos donde existe cambios neutros y rendimientos constantes, la escala es fácil de manejar gráficamente. La función de producción está completamente representada por una gráfica de  $q$  contra  $k$  (análogamente al hecho de que si conocemos la unidad de salida isoquanta, conocemos todo el mapa). El problema es que esta función está cambiando en el tiempo, si observamos puntos en el plano  $(q, k)$ , sus movimientos se componen de cambios a lo largo de la curva.

En la figura (9), por ejemplo, cada ordenada de la curva para  $t = 1$  se ha multiplicado por el mismo factor para dar un cambio ascendente neutral de la función de producción para el período 2. El problema consiste en estimar este cambio desde el conocimiento de puntos  $P_1$  y  $P_2$ , puede ser muy engañoso ajustar una curva con datos sin procesar, observando los puntos como  $P_1$ ,  $P_2$  y otros. Pero del cambio se puede estimar el factor para cada punto del tiempo, los puntos observados pueden ser corregidos por el cambio tecnológico y una función de producción puede ser encontrada.



### 3.5.1. Cambio tecnológico: aumento de capital con tendencia lineal

Una función de producción cambiante proporciona una aproximación al cambio tecnológico en forma de aumento de capital (no neutral):

$$Y = \frac{K + mt}{v} = \frac{L}{u} \text{ donde } m > 0. \quad (20)$$

Esta forma fue sugerida por Goodwin (Goodwin, 1951), donde se tiene un cambio tecnológico que puede adaptarse al marco de un modelo de crecimiento Harrod-Domar de forma más sencilla que con la neutralidad de Solow. Las condiciones de equilibrio del mercado de productos pasan de (20) a:

$$K = vY - mt \text{ y } DK = sY$$

dato que:

$$sY = D(vY - mt) = vDY - m.$$

Por lo tanto, la ecuación diferencial para la producción de  $Y$  es:

$$vDY - sY = m$$

con solución:

$$Y = -\frac{m}{s} + \left(Y_0 + \frac{m}{s}\right) e^{gt} \text{ donde } g = s/v. \quad (21)$$

Por lo tanto, la producción  $Y$ , en equilibrio, crece a la tasa  $g = s/v$ , independiente del parámetro  $m$  para el cambio tecnológico. El nivel de producción estacionario ya no es  $Y = 0$ , será  $Y = -m/s$ , dependiente del parámetro  $m$  (Allen, 1967).

Las trayectorias de equilibrio que corresponden al *stock* de capital y la inversión se derivan de las condiciones del mercado de productos. Los valores iniciales son  $K_0 = vY_0$  y  $I_0 = gK_0 = sY_0$ . Se encuentra que las rutas que coinciden (21) para la salida son:

$$K = -mt - \frac{m}{g} + \left(K_0 + \frac{m}{g}\right) e^{gt} \text{ y } I = -m + (I_0 + m)e^{gt} \quad (22)$$

Tanto  $K$  como  $I$  crecen a la tasa garantizada de  $g = s/v$ , excepto que  $K$  también tiene un término de tendencia descendente ( $-mt$ ) que surge del cambio tecnológico que aumenta el capital (Allen,1967).

La solución de (21) y (22) tiene una interpretación sencilla. Las variables  $Y$ ,  $K + mt$ , y todas crecen en la tasa  $g = s/v$  garantizada. Los niveles estacionarios son  $Y = -m/s, K + mt = -m/g$  y con  $I = -m$ ; estos valores se obtenidos inicialmente se mantendrán a lo largo del tiempo. Debido a que el cambio tecnológico aumenta el capital, surge una falta de inversión autónoma de la cantidad  $m$ . Cuando este gasto autónomo (negativo) se multiplica, la producción  $Y$  disminuye en  $m/s$ , como se muestra en (21) (Allen,1967).

### 3.6. Funciones de producción

El análisis teórico de la producción se basa en el uso de modelos esquemáticos de las actividades productivas, para eso se usa una representación de la tecnología, una descripción de los mercados de recursos y bienes producidos, así es como se supone un determinado comportamiento optimizador para los productores (Friedman, 1953). Con lo anterior se puede entender el por qué la tecnología es parte fundamental en el análisis económico ya que se vuelve una de las restricciones que puede impedir que el productor logre maximizar sus beneficios y minimizar los costes, por ello considerar este factor es clave para la toma de decisiones con respecto a la producción.

La industria manufacturera está en una búsqueda por optimizar sus procesos, para la industria la tecnología representa la relación técnica que existe entre *inputs* usados y *outputs* producidos, la tecnología representa el conjunto de procesos de producción técnicamente viables y disponibles para la industria en un momento del tiempo, actualmente la tecnología

avanza a un ritmo acelerado, lo que hace veinte años era el proceso más óptimo para fabricar autos hoy en día ha sido remplazado por nuevos procesos y en el futuro esta tecnología será remplazada por procesos más eficientes (Montilla, 2007).

Una función de producción representa la máxima cantidad que se puede producir de un bien con los recursos disponibles; matemáticamente es una aplicación que a un vector de recursos le asigna un escalar que representa la cantidad producida, en forma resumida la función de producción de un productor relaciona la cantidad usada de factores de producción con la producción obtenida gracias a ella. El productor hace referencia a una economía, un sector productivo o una determinada industria.

Para definir una función de producción primero debemos definir los recursos, estos serán el conjunto de todos aquellos vectores de recursos  $x \in R_+^n$  que permiten obtener, al menos, el vector de bienes producidos  $y \in R_+^m$ , este conjunto se va a denotar por  $L(y)$  y esto puede expresarse como en la ecuación 23.

$$L(y) = \{x : (y, x) \text{ sea factible}\} \quad (23)$$

Respecto al conjunto de posibilidades de producción se define como el conjunto  $P(x)$  de todos los vectores de bienes producidos  $y \in R_+^m$  que se pueden producir usando el vector de recursos  $x \in R_+^n$ , la ecuación (24) repara su forma matemática.

$$P(x) = \{y : x \text{ puede producir } y\} \quad (24)$$

Una función de producción muestra la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de factores de producción que se utilizan en su obtención. Dado el estado de la tecnología en un momento dado del tiempo, la función de producción nos indica que la cantidad de producto  $Q$  que se puede obtener y está función del capital ( $K$ ), trabajo ( $L$ ) y

tierra ( $T$ ) representado como:

$$Q = f(K, L, T) \quad (25)$$

La ecuación (25) indica que la cantidad de producción ( $Q$ ), depende de la combinación de distintas cantidades de capital ( $K$ ), trabajo ( $L$ ) y tierra ( $T$ ), estos dos últimos recursos se considera invariables o constantes, por ello podemos reducir la ecuación (25) a la ecuación:

$$Q = (K, L) \quad (26)$$

Es fácil darse cuenta que cada producto que se oferta en los mercados tiene una función de producción. Las funciones de producción pueden ser expresadas en forma de tablas, la cuales registran las cantidades de producción obtenidas con las diferentes combinaciones de cantidades de factores producción utilizados. Con base en la información recolectada mediante las tablas y con métodos econométricos, se pueden obtener las ecuaciones correspondientes, dichas ecuaciones pueden ser gráficas con el fin de mostrar el comportamiento de las ecuaciones de producción encontradas. Existen diversas funciones producción sin embargo en este documento nos enfocaremos en la función de producción Cobb-Douglas la cual será explicada a continuación.

### 3.6.1. Función de producción Cobb-Douglas

La función de producción Cobb-Douglas es muy útil para el análisis micro y macroeconómico. Paul Douglas fue senador de Estados Unidos por Illinois desde 1949 hasta 1966. En 1927 cuando aún era profesor de economía, observó que la distribución de la renta nacional entre el capital y el trabajo se había mantenido prácticamente constante durante un largo período. En otras palabras, con forme la economía había crecido con el paso del tiempo, los

ingresos de los trabajadores y las utilidades de los propietarios del capital habían crecido casi exactamente a la misma tasa. Este hecho llevó a Douglas a cuestionarse bajo qué condiciones las participaciones de los factores se mantenían constantes, para ello Douglas preguntó a Charles Cobb (quién era matemático), si existía una función de producción que produjera participaciones constantes de los factores si éstos siempre ganaban su producto marginal (Mankiw,2006).

Para ello Cobb recurrió a las funciones hómogneas, una función homogénea es una función que presenta un comportamiento multiplicativo de escala interesante: si todos los argumentos se multiplican por un factor constante, entonces el valor de la función resulta ser un cierto número de veces el factor multiplicativo elevado a una potencia, dicha potencia es el grado de la función homogénea. De manera formal si tenemos una función cuya definición es  $f : V \rightarrow W$  entre dos espacios vectoriales sobre el mismo cuerpo  $F$ . Entonces se dice que  $f$  es homogénea de grado  $k$  si:

$$f(\alpha \mathbf{v}) = \alpha^k f(\mathbf{v}), \quad \forall \alpha \in F \setminus \{0\}, \quad \forall \mathbf{v} \in V \quad (27)$$

Este tipo de funciones tiene como propiedad que sus derivadas parciales de primer orden  $\partial f / \partial x_i$  son funciones homogéneas de grado  $k - 1$  es decir

$$\frac{\partial}{\partial x_i} f(\alpha \mathbf{x}) = \alpha^{k-1} \frac{\partial}{\partial x_i} f(\mathbf{x}) \quad (28)$$

Se puede observar el por qué Cobb parte de las características de estas funciones para definir una función que le permitiera cumplir con las especificaciones que Douglas le solicitó, es decir:

1. Ingresos del capital =  $PMgK * K = \alpha * Y$ .

$$2. \text{ Ingresos del trabajo} = PMgK * L = (1 - \alpha) * Y.$$

En estas restricciones  $\alpha$  es una constante entre cero y uno, la cual mide la participación del capital en los ingresos. Es decir,  $\alpha$  determina la proporción de los ingresos que obtiene el factor capital y la que obtiene el trabajo. Cobb demostró que la función que tenía esta propiedad era:

$$Y = f(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha} \quad (29)$$

donde  $A = A(t)$  sujeto a  $A(t) = 1$  con  $t = 0$  y  $A(t) > 1$ ,  $A'(t) > 0$  para  $t > 0$ .

Para el cambio tecnológico que avanza con una tasa proporcional se puede reescribir lo anterior como:

$$Y = e^{\lambda t} K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (30)$$

para alguna constante  $\lambda > 0$ . Esta función es conocida como “función de producción Cobb – Douglas”.

### Propiedades de la función Cobb-Douglas

1. La función de producción Cobb Douglas tiene como propiedad contar con “rendimientos constantes de escala”, esto ocurre cuando un incremento porcentual similar en los factores productivos, determina un aumento porcentual de la misma magnitud en el producto obtenido.
2. Esta función de producción también cumple con “productividad marginal” de los factores, la productividad marginal de un factor, es la variación en la cantidad producida ( $Q$ ), debido al incremento unitario de uno de los factores productivos, manteniendo los otros constantes.

### 3.6.2. Cambio tecnológico neutral y la función Cobb-Douglas

Tomando las definiciones de cambio tecnológico neutral antes definidas y aplicándolas a la función Cobb-Douglas se obtienen los siguientes resultados (Allen,1967).

**1. Cambio tecnológico neutral de Harrod en la tasa de m:**

$$Y = K^\alpha L^{1-\alpha} \text{ donde } L = e^{mt} L$$

$$\Rightarrow Y = K^\alpha (e^{mt} L)^{1-\alpha}.$$

$$\therefore Y = e^{m(1-\alpha)t} K^\alpha L^{1-\alpha}$$

que es (30) con  $\lambda = m(1 - \alpha)$ .

**2. Cambio tecnológico neutral de Solow en la tasa de m:**

$$Y = \bar{K}^\alpha L^{1-\alpha} \text{ donde } \bar{K} = e^{mt} K$$

$$\Rightarrow Y = (e^{mt} K)^\alpha L^{1-\alpha}.$$

$$\therefore Y = e^{m\alpha t} K^\alpha L^{1-\alpha}$$

que es (30) con  $\lambda = m\alpha$ .

**3. Cambio tecnológico neutral de Hicks en la tasa de m:**

$$Y = \bar{K}^\alpha L^{1-\alpha} \text{ donde } \bar{K} = e^{mt} K \text{ y } L = e^{mt} L$$

$$\Rightarrow Y = (e^{mt} K)^\alpha (e^{mt} L)^{1-\alpha}.$$

$$\therefore Y = e^{mt} K^\alpha L^{1-\alpha}$$

que es (30) con  $\lambda = m$ .

Por lo tanto, la forma (30) de la función de producción cambiante de Cobb-Douglas es al mismo tiempo neutral del tipo Harrod, Solow y Hicks (Uzawa, 1961). Para distinguir los tres casos se debe interpretar el parámetro  $\lambda$  adecuadamente en términos de la tasa constante  $m$  de cambio tecnológico. El resultado es: La función de producción Cobb-Douglas (30) representa un cambio tecnológico neutral a la velocidad  $m$  donde (Allen, 1967):

1.  $\lambda = m(1 - \alpha)$  para la neutralidad de Harrod.
2.  $\lambda = m\alpha$  para la neutralidad de Solow.
3.  $\lambda = m$  para la neutralidad de Hicks.

Se puede usar la función Cobb-Douglas como una función de producción particular para cualquiera de los tres tipos de cambio tecnológico neutral.

### 3.7. Cambio tecnológico no neutral

Ya se expuso anteriormente el caso en el cual el cambio tecnológico cambia la función de producción de tal manera que no se altere con el tiempo el equilibrio existente entre capital y trabajo en la producción actual; pero existe el caso en el que cambio tecnológico no se distribuye de forma proporcional sobre todos los hombres y la maquinaria de las empresas, sino solo en ciertos tipos de bienes de capital y en ciertos sectores de la fuerza laboral. Lo que Allen (1967) sugiere es que el cambio tecnológico se materializa en la nueva maquinaria que se instala (diferenciándolas de las máquinas existentes) y/o en los hombres pertenecientes a la fuerza laboral actualmente capacitados que se pueden contrastar con los capacitados en periodos anteriores. De forma general Allen hace la observación en que se debe distinguir la antigüedad de los hombres y la maquinaria con que cuenta la empresa, también señala que la característica más importante del cambio tecnológico no neutral aparece en las diversas ocasiones en que se hace una inversión en maquinaria más que en la capacitación de los

hombres de la fuerza laboral. se puede ajustar el análisis al caso más general en el que tanto la fuerza laboral como el *stock* de capital se dividen en temporadas cuando la mano de obra antigua está vinculada directamente a la maquinaria antigua, el siguiente análisis se aplica a la vez a la combinación de capital y mano de obra (Allen, 1967). En esta sección se enfocará a la exposición del caso en el cual el cambio tecnológico está incorporado en el capital.

El supuesto de un *stock* de capital homogéneo se relaja al considerar el *stock* de capital como un compuesto en el que se incluye maquinaria adquiridas en diferentes momentos del tiempo; cada adquisición de maquinaria consiste en un conjunto uniforme de maquinaria para la instalación simultánea, las adquisiciones de maquinarias sucesivas estarán relacionadas con una secuencia de tiempos. Es necesario definir dos variables de tiempo, la primera representa al tiempo en un sentido común y se estará representando por  $t$ , la segunda estará representada por  $\tau$  y será la datación de maquinaria en uso en un tiempo  $t$ . Desde un análisis discreto con el mismo espaciamiento de tiempo, la maquinaria en uso en un momento  $t$  son de  $\tau = t$  (nuevo),  $t - 1$  (un año),  $t - 2$  (dos años),...,  $t - n$ . Desde el punto de vista de un análisis continuo, existe maquinaria de diferentes adquisiciones  $\tau \leq t$  en uso en cualquier momento de  $t$ .

Se debe considerar que la maquinaria siempre estará expuesta al deterioro físico y/o obsolescencia, así como a la depreciación económica, en el caso de la depreciación económica en la maquinaria al encarecer el valor de estas a medida que envejecen y/o se vuelven obsoletas frente al avance tecnológico, de esta forma su valor disminuye hasta volverse nulo al momento de desecharse (Malisani, 1989); aunque esto es una restricción importante es posible introducirlo como un término extra en modelos clásicos, es de suma importancia investigar la obsolescencia y encontrar la vida económica  $T$  de la maquinaria de cada una de las adquisiciones realizadas a lo largo del tiempo y agregarla como una variable en el modelo

considerado. Generalmente la maquinaria en uso en el momento de  $t$  de la temporalidad  $\tau$  es  $t - T \leq \tau \leq t$  (Allen, 1967).

Se supone que el cambio tecnológico avanza a una velocidad proporcional dada  $m$ , pero este solo se distribuye sobre las maquinaria nueva, en el momento  $t$ , la maquinaria de la adquisición  $\tau$  se ha beneficiado del cambio tecnológico hasta el momento  $\tau$  pero no después de eso. Para adaptar la función de producción apropiada para maquinaria adquirida en diferentes momentos de tiempo se debe distinguir entre la sustituibilidad que existe entre las máquinas y la mano de obra antes de la instalación de maquinaria nueva y después de que las maquinaria se instala. Cuando se adquiere maquinaria nueva y se toma la decisión de instalarla, se puede asumir la posibilidad de sustitución de acuerdo con una función de producción fluida, esta función variará de una adquisición a otra; en el momento  $\tau$ , cuando la maquinaria adquirida  $\tau$  son nuevas, las posibilidades de producción, aparte del cambio tecnológico, se pueden expresar como (Allen, 1967):

$$Q_\tau = F_\tau(K_\tau, L_\tau)$$

donde  $K_\tau$  es el número de máquinas, mientras que  $L_\tau$  y  $Q_\tau$  corresponden a la mano de obra y la producción. El cambio tecnológico del tipo neutralidad de Harrod y en Solow respectivamente, se puede incluir (Allen, 1967):

$$\left. \begin{aligned} Q_\tau &= F_\tau(K_\tau, \bar{L}_\tau) \text{ donde } \bar{L}_\tau = e^{m\tau} L_\tau \\ Q_\tau &= F_\tau(\bar{K}_\tau, L_\tau) \text{ donde } \bar{K}_\tau = e^{m\tau} K_\tau \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

Ahora se toma la misma función de producción  $F$  para todas las adquisiciones hechas; después, la forma Cobb-Douglas con retornos constantes y un solo parámetro  $\alpha$  se toma para  $F$ . Entonces:

$$Q_\tau = e^{\lambda\tau} K_\tau^\alpha L_\tau^{1-\alpha} \quad (32)$$

donde  $Q_\tau$  es la producción obtenida como resultado de la mano de obra  $L_\tau$ , con el número

de máquinas representado por  $K_\tau$  y  $\tau$  como la nueva maquinaria adquirida. El coeficiente  $\lambda$ , que muestra el cambio tecnológico a razón  $m$  (hasta el tiempo  $\tau$ ), el cual se interpreta como  $\lambda = m(1 - \alpha)$  cuando se toma el caso neutralidad de Harrod de (31), o como  $\lambda = m\alpha$  cuando la neutralidad es del tipo Solow (Allen, 1967).

Es importante conocer hasta qué punto las máquinas y la mano de obra pueden ser sustituidas en cualquier momento  $t > \tau$  después de instalar la maquinaria de las adquisiciones  $\tau$ . Para un tiempo  $t = \tau$ , de acuerdo con las condiciones del modelo antes considerado, se decide utilizar un equipo de trabajo de  $L_\tau$ , con  $K_\tau$  como las máquinas de la nueva adquisición y la producción  $Q_\tau$ , dada por (32). En cualquier momento  $t > \tau$ , se sugieren dos casos alternativos: la sustitución entre máquinas y la mano de obra continúa según una función de producción,  $Q_\tau = e^{\lambda t} K_\tau^\alpha L_\tau^{1-\alpha}$ , similar a (32), o la  $K_\tau$ , máquinas instaladas en el momento  $\tau$  sigue utilizándose con el mismo personal  $L$ . En la primera opción, el empleo de la maquinaria  $\tau$  y la mano de obra utilizada con ellos puede variar y varía con el tiempo; para la segunda opción, una vez que las máquinas estén instaladas, permanecen todo el tiempo (hasta que se desechen) con el mismo equipo laboral y produciendo la misma producción (Allen, 1967).

Se pueden distinguir los dos casos alternativos como *putty-putty* cuando hay sustitución antes y después de la instalación, y como *putty-clay* cuando hay sustitución antes pero requisitos de mano de obra fijos después de la instalación. Hay un caso especial de este último en el que la relación capital-trabajo se fija antes y después de la instalación, el caso *putty-putty* (Phelps, 1963). La función de producción (32) luego se cambia por una de forma de coeficientes fijos.

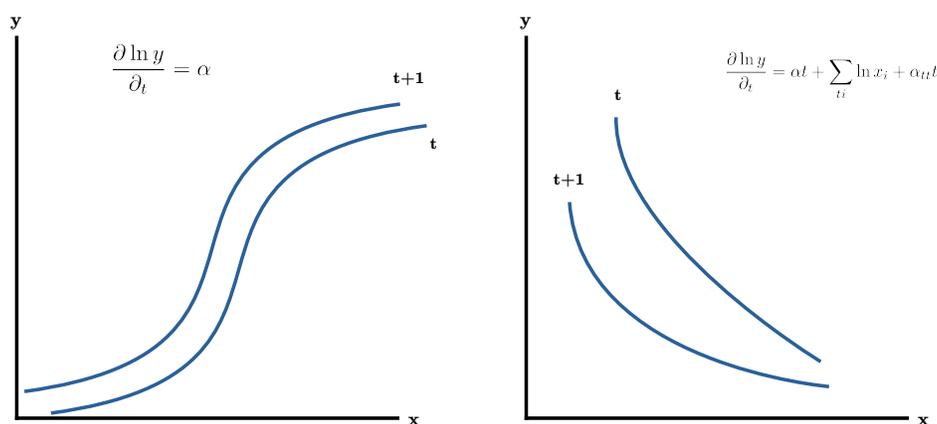
Deben considerarse la condiciones de equilibrio, además también debe ser tomado en cuenta la vida económica variable  $T$  de la maquinaria obtenida en cualquier momento y la relación que existe con el crecimiento de forma estacionaria, también debe considerarse qué

medida (si corresponde) se puede asignar al *stock* total de capital. Si se tiene un conjunto de máquinas de diferentes temporadas en cualquier momento  $t$ , es decir,  $K_\tau$ , maquinarias de la temporada  $\tau$  para  $t - T \leq \tau \leq t$  (Allen, 1967).

### 3.7.1. Cambio tecnológico no neutral y la frontera de posibilidad de producción

La frontera de posibilidad de producción es la representación de las máximas cantidades de producto que se puede obtener usando los factores productivos (Gujarati, 2010); el cambio tecnológico está relacionado con el desplazamiento en la frontera de posibilidad de producción de la industria, para este trabajo se analiza específicamente la industria manufacturera, en la figura (10) se representa esto de forma gráfica.

Figura 10. (a) Cambio tecnológico neutral. (b) Cambio tecnológico no neutral



Fuente:Elaboración propia con base en Delfín & Navarro 2019.

Para esta tesis se considera el cambio tecnológico no neutral y se utiliza la frontera de producción estocástica variable en el tiempo (Kumbhakar & Lovell ,2000) con una especificación traslogarítmica, esto debido a que involucra, además del efecto independiente de  $t$ , la

interacción entre el término de tendencia e involucra *inputs* mediante la cual puede calcularse el cambio tecnológico no neutral (Kumbhakar & Lovell, 2004). Para este caso se asume que la producción es obtenido únicamente mediante los *inputs capital* ( $K$ ) y trabajo ( $L$ ). La frontera de producción variable en el tiempo puede representarse en forma de translog como:

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_L \ln L_{it} + \beta_K \ln K_{it} + \frac{1}{2}\beta_{LL}(\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2}\beta_{KK}(\ln K_{it})^2 + \beta_{KK}(\ln L_{it})(\ln K_{it}) \\ & + \beta_t t + \frac{1}{2}\beta_{tt}t^2 + \beta_{Lt}(\ln L_{it})t + \beta_{Kt}(\ln K_{it})t + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (33)$$

En la estimación del modelo a través del Análisis de Frontera Estocástica, el cambio tecnológico está representado por la derivada de la función de producción en relación con el tiempo.

La tasa del cambio tecnológico se define por:

$$\Delta TC_{it} = \frac{\partial \ln f(x_{it}, t; \beta)}{\partial t} = \hat{\beta}_t + \hat{\beta}_{tt}t + \hat{\beta}_{Lt}L_{it} + \hat{\beta}_{Kt}K_{it} \quad (34)$$

El cambio tecnológico  $\Delta TC_{it}$ , puede ser positivo o negativo, lo que refleja que se desplaza hacia arriba o hacia abajo la frontera de producción. Cuando el resultado es mayor a cero,  $\Delta TC_{it} > 0$  significa que hubo progreso tecnológico, por el contrario cuando el resultado es menor a cero,  $\Delta TC_{it} < 0$ , es que hubo un retroceso tecnológico y cuando el resultado es igual cero,  $\Delta TC_{it} = 0$ , la frontera permanece constante durante los periodos analizados y por lo tanto la tecnología no tuvo ningún cambio (Kumbhakar, 2000).

# Capítulo 4

---

## Casos de estudio

---

Para cualquier investigación es importante considerar los antecedentes del tema que se aborda, por lo cual en este capítulo se presentan diversos trabajos de investigación en los últimos veinte años con relación con el cambio tecnológico la industria manufacturera, abordando este tema mediante métodos econométricos. Los artículos que se presentan están organizados por orden cronológico y se da una breve descripción del aporte de cada uno de ellos.

Burachik (2000) se centra su análisis en la vinculación entre la forma de acumulación de conocimientos técnicos en una industria y la probabilidad de que la innovación pueda constituirse en el vehículo para el ingreso de nuevas empresas al sector. Los estudios de los países desarrollados abordan este tema a través de dos enfoques: el de los regímenes tecnológicos y el del ciclo de vida de la industria; se busca señalar qué conclusiones de dinámica pueden extraerse de la literatura sobre cambio tecnológico en las firmas manufactureras de los principales países de América Latina.

Este trabajo ofrece una perspectiva distinta para la lectura del cambio tecnológico en América Latina y propone un concepto equivalente al de “ventaja innovativa” que emplean los estudios de los países desarrollados, también sugiere que, en un contexto en el que las empresas innovan principalmente a través de la incorporación de conocimientos desarrollados

por otras organizaciones, las empresas ya establecidas tienden a disfrutar de ventajas para incorporar el progreso técnico, de esto último se deduce que en aquellas actividades en las que la innovación de producto o de proceso define ventajas competitivas para las empresas ya instaladas, la “entrada innovativa” será un fenómeno poco frecuente.

En el artículo escrito por Canudas (2001) se analiza la importancia del factor trabajo en la productividad de la industria en México teniendo como periodo de estudio 1960-1993, para ello el modelo econométrico utilizado es el de corte transversal. Se utiliza el modelo de Robert Barro (Barro, 1991) el cual, para analizar las fuentes del crecimiento en una base de datos de corte transversal entre países, como unidad de observación se toma la productividad nacional medida como producto interno bruto per cápita. El autor de este artículo examinó como variable dependiente a la tasa de crecimiento anual del producto per cápita en la actividad industrial, considerada como el sector que impulsa el crecimiento económico. Como variables independientes para esta investigación se tomaron: el ingreso per cápita en el año inicial, la tasa anual de crecimiento del capital per cápita, la densidad de capital en el año inicial y el acumulado de capital humano también en el corte de inicio.

Al realizar el análisis empírico se tuvo que resolver el problema de heteroscedasticidad presente en la base de datos, para ello se usó la técnica de mínimos cuadrados ponderados, cuando se elaboró la evaluación de las variables independientes de corte transversal las fuentes más importantes en el crecimiento de la productividad industrial fueron determinadas por las condiciones de inicio. Con lo cual se concluyó que los incrementos diferenciales entre los estados de la república se explicó por el acumulado de capital, tanto físico como humano, previo al arranque de crecimiento.

Aunque este artículo no aborda directamente el tema de productividad en la industria manufacturera, Clavijo (2003) trata de explicar el crecimiento y la productividad como resultantes de determinadas políticas económicas: la intensidad del comercio internacional y su impacto tecnológico, la tasa de inversión bruta y su relación con la productividad multifactorial, los efectos de la relación capital/trabajo en Colombia. El periodo de estudio de 1950-2002, usando como base el trabajo realizado por Khan y Reinhart (Khan y Reinhart, 1990) y Mundlak (1988).

La conclusión a la que se llega es que la tasa de crecimiento de largo plazo (1950-2002) ha estado fuertemente relacionada con la tasa de inversión, con una elasticidad casi unitaria, y con el comportamiento del sector externo. A su vez, la productividad laboral y multifactorial muestran un comportamiento pro-cíclico, respecto a la apertura comercial juega un papel importante en la determinación del crecimiento y la productividad a través del comportamiento de la inversión y la relación tecnológica capital/trabajo. La tasa de cambio real puede ser un resultado y no un determinante de la productividad de largo plazo. Su análisis de la productividad a corto plazo, en el marco de las llamadas reglas de Taylor, las cuales fijan las tasas de interés del banco central. El autor también hace énfasis en mejorar la oportunidad y calidad de los indicadores de productividad a nivel mensual y trimestral con la finalidad de usar estos indicadores para mejorar la toma de decisiones en este frente.

La investigación presentada por Camberos (2013) utiliza la hipótesis de cambio tecnológico sesgado en el sector servicio en las regiones de México; los autores toman los microdatos de los censos económicos realizados durante 1998, 2003 y 2008, una vez que se tuvieron estos datos construyeron índices de diferenciales tecnológico y salarial, además del análisis de panel con la finalidad de demostrar la consistencia estadística de los resultados. Dentro de los resultados que se presentaron en este trabajo se muestra el hecho de que la diferencia

salarial mayor se encuentra en 2008 y esto se da entre la capital y la región sur, aunque fue disminuyendo lo largo del periodo, pues se comienza con 5 y se termina con una diferencia de 2.67 entre ambas regiones, lo cual corresponde con la reducción presentada en la brecha tecnológica, los autores sugieren que esto es consecuencia de la crisis económica.

La investigación propuesta por Karol Rodríguez y Jorge Andrés (2013) es una aproximación empírica para evaluar el impacto de las TIC en el nivel de innovación en América Latina y el Caribe, considerando la existencia de factores económicos de ambiente de negocios e institucionales que contribuyen en el desarrollo de actividades de innovación, para lograr estos propósitos elaboraron un modelo econométrico basado en datos panel para una muestra de 20 países de América Latina en el periodo 2000-2011. Los tres modelos estimados presentan significancia estadística conjunta, y las variaciones al interior de grupos y entre grupos explican de manera moderada las variaciones en el nivel de otorgamiento de patentes.

Los resultados que obtuvieron mediante el modelo les permite inferir que variables como el crédito interno al sector privado contribuyen en el crecimiento del nivel de patentes otorgadas; pero la dinámica del crédito en América Latina a diferencia de lo observado en los países desarrollados, además de resaltar que a pesar de la importancia de la contribución de las TICs en el desarrollo de actividades de innovación, el uso de estas por sí solas no incrementa los niveles de innovación, pues en las decisiones de innovar de las empresas confluyen otros factores de tipo institucional y económico que aportan. También se concluye que la heterogeneidad en el alcance de las políticas de innovación y diferentes modelos de gobernanza de los países de la región.

En el trabajo de investigación de Méndez (2013) se obtuvo la productividad total de los factores de varias economías de América Latina, además de analizar el cambio técnico y la

eficiencia técnica y su relación con el crecimiento económico de la región. Como metodología se usó una función Cobb-Douglas para estimar la producción, para calcular el cambio técnico y la eficiencia técnica se utilizó la comparativa entre datos panel de efectos fijos y el análisis de frontera estocástica, el periodo de análisis fue 1980-2009. Como conclusión se presenta que existió una caída de la eficiencia técnica y un incremento del progreso técnico en la mayoría de los países analizados, los países con mayor eficiencia son Panamá, Uruguay y México, mientras que los más ineficientes son Nicaragua, Bolivia, Honduras y Paraguay.

Este trabajo de investigación presentado en la Revista CEPAL (Araujo et. al, 2014) examinó la productividad total de los factores (PTF) y su descomposición en América Latina durante el período 1960-2010. Este análisis es realizado mediante un modelo de frontera estocástica, en el cual incluye variables macroeconómicas de ineficiencia técnica relativas a una selección de países de América Latina en los 50 años que se estudian. El método utilizado en este trabajo es el análisis de frontera de producción estocástica, se hace mención sobre que este método es adoptado en la literatura sobre ineficiencia técnica, es mediante este análisis que se obtiene uno de los componentes de la PTF denominado eficiencia técnica.

Como resultados se presenta el hecho de que las variables tienen un efecto significativo, que se constata mediante la prueba de la razón de verosimilitud, lo cual permite una mejor comprensión de la ineficiencia técnica en toda la región. Como variables más importantes en la explicación de la ineficiencia técnica de los países, (aquellas que presentan una relación positiva con la ineficiencia) son el gasto público y la tasa de inflación; también se menciona, la relación entre la desviación de los precios locales con respecto a la paridad del poder adquisitivo y la ineficiencia técnica es de carácter inverso.

García-Herrero (2014) en su artículo “Competitividad del sector manufacturero en América Latina: tendencias y determinantes” analiza la evolución de las exportaciones de los principales países latinoamericanos en la última década, al revisar cada uno de los factores concluyen que la competitividad del sector manufacturero en la mayoría de los países de la región ha disminuido a partir de 2007 hasta el 2012, después de evolucionar de manera relativamente favorable entre el 2002 y el 2007. Sugieren que este deterioro ha tenido mayor impacto en países como Brasil y Colombia, lo cual relacionado con el mantenimiento de un tipo de cambio real apreciado, elevados costes laborales y un insuficiente avance de la productividad de la mano de obra.

En México, las ganancias de competitividad en el sector manufacturero continuaron más allá de 2007, en parte porque el tipo de cambio se mantuvo relativamente depreciado y los costes laborales, así como la productividad del trabajo, presentaron un desempeño más favorable que en los países de América del Sur. Sin embargo, a partir del 2011 la reversión de estas tendencias dificultó las ganancias de competitividad del sector manufacturero mexicano. El estudio de caso de cada uno de los principales países de la región muestra que en general el tipo de cambio, los costes laborales y la productividad del trabajo fueron los principales determinantes de la evolución de la competitividad manufacturera en la última década. De hecho, los países y períodos donde estas variables presentaron un desempeño desfavorable coinciden con pérdidas de cuota de mercado en el comercio internacional y deterioro de la competitividad.

En el artículo propuesto por Caro-Moreno (2015) desarrolla una revisión en torno a las principales posturas teóricas sobre el progreso técnico, con la finalidad de identificar como lo plantean y qué importancia le dan algunas de las corrientes teóricas relevantes. En la primera parte el autor presenta la relación entre el cambio técnico y el crecimiento económico de largo

plazo, en la que se abordan planteamientos de la teoría clásica, neoclásica y heterodoxa; en este mismo apartado, se presenta una revisión general de la relación entre el progreso técnico y las teorías de crecimiento económicos exógena y endógena, con sus principales exponentes, después se muestra una revisión a la teoría evolucionista y su planteamiento de cambio técnico, finalmente se da revisión a la teoría del desarrollo, el estructuralismo y su visión de cambio técnico.

Correa (2016) presenta en su trabajo “Pobreza, desigualdad y estructura productiva en ciudades: Evidencia desde Chile usando datos de panel” publicado en la revista de la CEPAL en su serie “Desarrollo Productivo”, en el cual evalúa las relaciones entre la estructura productiva en las ciudades de Chile, y los resultados en términos de pobreza y desigualdad para estas unidades geográficas. Los datos usados son bases de encuestas de hogares, las cuales abarcan un periodo de 21 años, este estudio utiliza técnicas de datos de panel los cuales capturan los efectos fijos de cada ciudad estudiada (estos hacen referencia a la dotación de recursos naturales, localización), el autor hace mención de que encontró como evidencia sistemática que relaciona las variaciones en participación sobre el empleo de determinados sectores, con variaciones en pobreza y desigualdad.

Enfocándonos específicamente en los sectores manufacturero, el autor menciona que los sectores “virtuosos” (manufactura de metales básicos, y la manufactura de cerámica, loza y porcelana) son aquellos que contribuyen a explicar la disminución de la pobreza, mientras que los regresivos (la manufactura de textiles y la manufactura de madera) y la minería del carbón se relacionan con aumentos de esta. Los sectores que más se relacionan al aumento en la desigualdad de ingresos al interior de las ciudades son aquellos relacionados con los servicios financieros y empresariales, Correa dice que esto se convierte en una alerta sobre los procesos de tercerización observados en las ciudades de Chile.

El artículo “Dinámica productiva del sector automotriz y la manufactura en la frontera norte de México: Un análisis con datos de panel, 1980-2014” está enfocado específicamente en el sector automotriz mexicano, en este trabajo (Carbajasl et. al, 2018) analiza la relación que hay entre la dinámica de crecimiento de la producción de la manufactura y el sector automotriz en las entidades federativas de la frontera norte mexicana (Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas). Mediante un modelo con datos de panel se hace la estimación para la producción de la manufactura en las entidades de la frontera norte.

Los autores dan como conclusiones con base al análisis empírico realizado mediante datos panel la importancia del sector automotriz (aclarando que este no es el único factor) está empujando de forma considerable el crecimiento manufacturero en la zona norte de México, lo cual genera importantes beneficios para la economía mexicana, en variables como inversión extranjera directa, empleo, producción, calificación de mano de obra, entre otros.

Como se ha observado en los artículos anteriormente mencionados la tecnología juega un rol importante en el avance económico de una nación, por ello se incluye la revisión del artículo “Determinantes de la capacidad tecnológica en América Latina: una aplicación empírica con datos de panel” como caso de estudio, además de usar datos panel para realizar el análisis econométrico; desarrolló un modelo econométrico utilizando la técnica de datos de panel con efectos fijos con el objetivo de examinar los determinantes de la capacidad tecnológica en Latinoamérica, usando el set de indicadores propuesto por Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Chinaprayoon, además de recopilar datos de diversas fuentes públicas, el periodo que analiza es una serie temporal de 14 años, mientras que la dimensión transversal corresponde a 17 países; los autores (Pérez et. al ,2018) hacen esto con la finalidad de analizar el grado de impacto de las variables relativas a la capacidad tecnológica en América Latina.

Una vez que se realizó el análisis mediante la estimación econométrica, esta investigación presenta el hecho de que la apertura comercial, el *stock* de patentes y el gasto en investigación y desarrollo (I+D), son los determinantes más influyentes de la capacidad tecnológica en dicho contexto, además los autores dan como sugerencia la triangulación existente entre los hallazgos empíricos con las implicaciones en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), a fin de generar discusiones y reflexiones proclives a incidir en mejores políticas en materia tecnocientífica para la región.

Hurtado (2018), presenta una investigación donde menciona que para los países desarrollados la desindustrialización no es un fenómeno negativo, sino que es un proceso natural de un mayor crecimiento y por ende un aumento en la productividad industrial, con ello, el trabajo liberado es canalizado al sector de los servicios. Tratando como caso de estudio América Latina del Sur (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela), este fenómeno es prematuro y puede ocasionar graves repercusiones en los sistemas económicos.

Esta investigación analizó mediante técnica de datos panel la contribución de la apertura comercial en la desindustrialización. A los modelos que se usaron se les fue aplicado los test de: multiplicadores de LaGrange, Hausman, F, Wooldridge, Wald, Breusch – Pagan LM, esto con el fin de obtener resultados fiables. La evidencia empírica analizada permitió al autor aceptar la hipótesis planteada acerca de la influencia de la apertura comercial sobre la desindustrialización de los países de América del Sur, siendo esta variable estadísticamente significativa en las regresiones que se proponen en el artículo, con lo cual concluye que ante aumentos en la apertura comercial, el empleo en el sector industrial disminuye.

# Capítulo 5

---

## Metodología

---

La econometría se basa en métodos estadísticos para estimar las relaciones económicas, poner a prueba teorías económicas y evaluar y poner en práctica políticas gubernamentales y comerciales. La econometría es comunmente usada para predecir variables macroeconómicas, a diferencia de la estadística la econometría se enfoca en el análisis de datos económicos no experimentales u observables, es decir estos no son generados mediante simulaciones o experimentos (Wooldridge, 2006). La econometría busca crear una conjunción entre la teoría económica y la medición real, con la teoría y la técnica de la inferencia estadística como puente (Hill,2018). En este capítulo se describe la metodología que se utiliza en esta tesis para el cálculo del cambio tecnológico en Chile, Colombia y México mediante el análisis de frontera estocástica.

### 5.1. Aproximación de Frontera Estocástica (SFA)

Para poder definir el concepto de frontera estocástica es necesario primero definir el concepto de frontera determinística de producción, la cual podemos definir como (Kumbhakar & Lovell, 2000):

$$y_i = f(x_i; \beta) \cdot ET_i \quad (35)$$

donde  $y_i$  corresponde al output de la unidad  $i$ ,  $i = 1, \dots, I$ ,  $f(x_i; \beta)$  es la frontera de producción en la cual  $x_i$  representa al vector de los  $N$  que son usados por cada unidad  $i$  y  $\beta$  es un vector

de parámetros que deben ser estimados, finalmente  $ET_i$  es la eficiencia técnica que tiene la unidad  $i$ , la cual es definida como la razón del output observado sobre el máximo output que se puede alcanzar, es decir:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta)} \quad (36)$$

en esta ecuación el output alcanzado por la unidad de producción  $i$  alcanza el valor máximo de  $f(x_i; \beta)$  si, y solo si, el valor de  $ET_i$  es igual a uno, en caso de ser menor a uno significa que hay un déficit del output que alcanza la unidad  $i$  sobre el máximo alcanzable.

Como se observa en la ecuación (35) la función de producción determinística no considera que la producción puede evolucionar en el tiempo de forma aleatoria, pues no introduce un término que represente las perturbaciones aleatorias que no son controlables por la unidad, atribuyendo a ineficiencia técnica completamente el déficit que presenta el output observado,  $y_i$ , sobre el máximo output que se puede alcanzar,  $f(x_i; \beta)$  (Kumbhakar & Lovell, 2000). Por lo anterior mencionado se presenta la necesidad de desarrollar un nuevo modelo que pueda representar este factor estocástico y que vuelva más realista a la frontera de producción, por lo cual la función de producción de frontera estocástica fue propuesta por primera vez por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977).

La aproximación de frontera estocástica modifica la función de producción determinística incluyendo un término de error aleatorio en la perturbación, así la perturbación estocástica compuesta incluye una componente de efectos de ineficiencia y uno de errores aleatorios; el componente de errores aleatorios toma en cuenta las diferencias de corto plazo provocadas por el azar, así como los errores que causan la exclusión de variables explicativas y/o la falta de especificación. Este modelo puede ser representado como (Kumbhakar & Lovell, 2000):

$$y_i = f(x_i; \beta) \cdot e^{v_i} \cdot ET_i \quad (37)$$

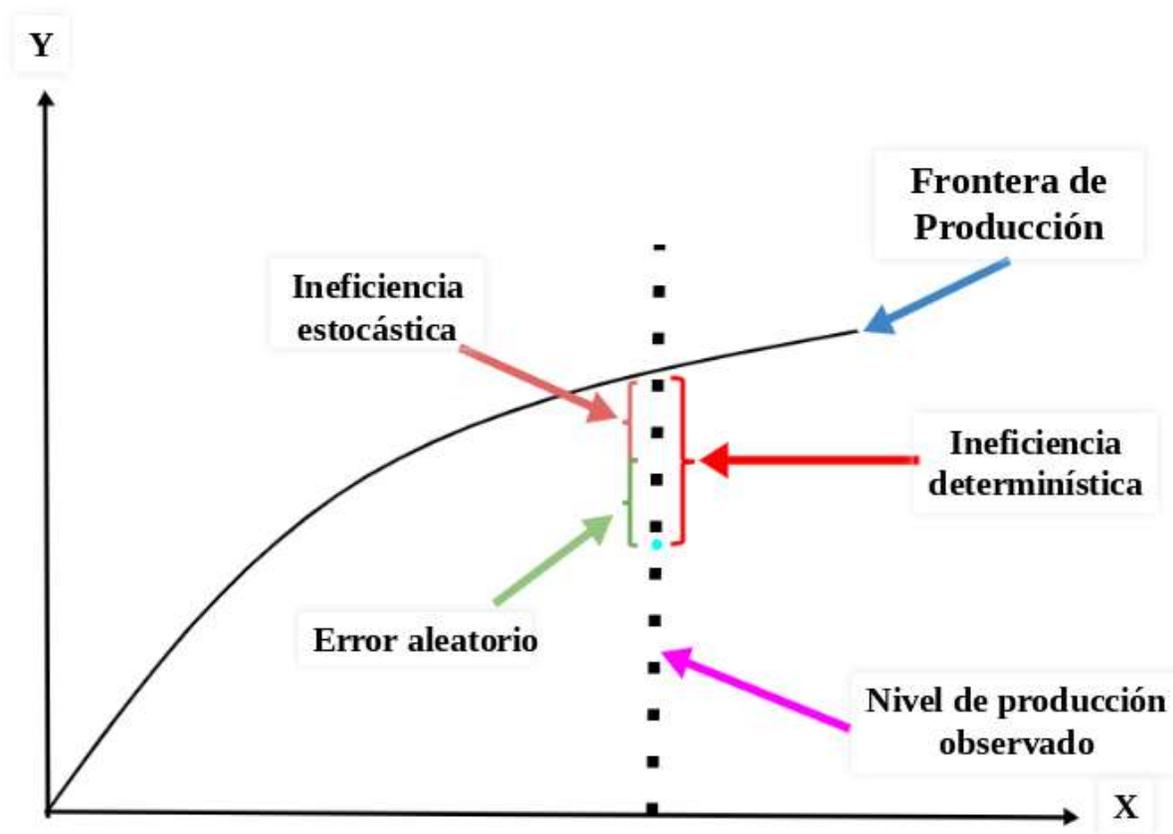
donde  $f(x_i; \beta) \cdot e^{v_i}$  es la frontera estocástica, la cual incluye una parte determinística representada por  $f(x_i; \beta)$ , mientras que la parte estocástica está dada por  $e^{v_i}$ , la cual representa el efecto de perturbaciones aleatorias en cada unidad; para este caso la eficiencia técnica está definida por:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta) \cdot e^{v_i}} \quad (38)$$

en esta razón si  $y_i$  alcanza el valor máximo de  $f(x_i; \beta) \cdot e^{v_i}$   $ET_i = 1$ , si esto no sucede la razón del máximo output que alcanza cada unidad y  $ET_i < 1$ .

Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977) propusieron independientemente la función de producción de la frontera estocástica estableciendo el supuesto de errores aleatorios independientes e idénticamente distribuidos (i.i.d.) con una normal con media cero además de tener varianza constante, además de ser independientes del término de efectos de ineficiencia, el cual supone i.i.d. según una distribución exponencial o de half normal. En la figura (11) se representa gráficamente la frontera estocástica de producción.

Figura 11. Representación gráfica de frontera estocástica vs. determinística.



Fuente: Elaboración propia con base en Greene, 2003.

## 5.2. Estimación de fronteras con datos de panel

Los modelos de frontera estocástica suelen presentar tres debilidades (Schmidt & Sickles, 1984):

1. La varianza de la distribución de ineficiencia condicionada a la perturbación no tiende a cero cuando aumenta el tamaño de la muestra (Jondrow et al., 1982), con ello la ineficiencia de una unidad específica puede estimarse, pero no de forma consistente.
2. Con respecto a la estimación máximo verosímil del modelo frontera de producción estocástica, así como la distinción entre eficiencia técnica y el error aleatorio, necesitan

fuertes supuestos distribucionales sobre cada una de las componentes del error, pero la relación de la robustez de los resultados con estos supuestos no es clara.

3. Se supone independencia entre la componente de ineficiencia y los regresores para realizar la estimación máximo verosímil, pero es razonable que si una unidad conoce su nivel de ineficiencia técnica, esto pueda afectar.

Sin embargo estas tres debilidades pueden ser evitadas si se usa la estructura de datos de panel. A continuación se describe brevemente los tipos de estructura de datos existentes y sus características (Hill,2018):

1. **Datos de corte transversal:** Los datos de corte transversal consisten en el estudio de un conjunto de unidades en un momento de tiempo, esta estructura de datos también es conocida como sección cruzada. En este tipo de bases de datos cada observación presenta los datos obtenidos para  $K$  variables por cada unidad, teniendo así  $X_K$  variables, y tantas unidades como observaciones. Se debe resaltar que para las bases de datos de tipo corte transversal, las variables en algunos casos corresponden a periodos de tiempo diferentes, pero la correlación de los datos es ignorada, adicional a esto el orden de las observaciones no representa alteración en el proceso de análisis.
2. **Datos de serie temporal:** Las series temporales corresponden son observaciones realizadas de una o más variables a lo largo del tiempo, por ello, el orden en que se almacena los datos es muy importante para un análisis correcto, pues al corresponder a observaciones del mismo evento se puede determinar relación entre ellos. Para las series de tiempo pocas veces se puede suponer independencia de las observaciones en el tiempo y que su adecuada periodicidad puede identificar patrones de estacionalidad.
3. **Combinación de cortes transversales:** La combinación de cortes transversales se caracterizan por tener propiedades tanto de datos de corte trasversal como de datos de

series de tiempo, es decir se observan variables de varios periodos de tiempo. Al pertenecer las observaciones a periodos de tiempo diferentes, se estima que si es tomada en cuenta la variación que puedan presentar las variables respecto al tiempo, adicionalmente el tamaño de las muestras puede diferir.

4. **Datos panel o longitudinales:** Se pueden definir el conjunto de datos de panel como una serie de tiempo por cada unidad de una base de datos de corte transversal. Los datos de panel, también son definidos como un conjunto de variables para un conjunto de unidades, cuyos valores se observan durante un periodo de tiempo. Un conjunto de datos de panel presenta tres dimensiones: unidad de análisis, variables y tiempo, para esta estructura se presenta en que la muestra tomada permanece constante a lo largo de los periodos de tiempo observados.

Si se cuenta con una estructura del tipo datos de panel, es decir  $T$  de observaciones para cada una unidad  $I$ . La eficiencia técnica de cada unidad muestral puede estimarse de forma consistente cuando  $T$  tiende a infinito, debe mencionarse que no todas las técnicas de panel se apoyan sobre fuertes supuestos distribucionales, finalmente las repetidas observaciones de cada unidad pueden sustituir los supuestos de independencia. Se debe considerar que los modelos de frontera de producción con datos de panel necesitan el establecimiento de un supuesto sobre la variación en el tiempo de la eficiencia técnica, la cual aunque varía entre unidades, es invariante para el período de tiempo seleccionado, además puede suceder que la eficiencia varíe tanto entre unidades como a lo largo del tiempo.

Existen tres métodos de estimación de los modelos frontera de producción con datos de panel: el modelo de efectos fijos, el modelo de efectos aleatorios y la aproximación por máxima verosimilitud (Kumbhakar & Lovell, 2000), para esta tesis será usado el método de máxima verosimilitud, el cual será explicado en la siguiente sección.

### 5.3. Eficiencia variante en el tiempo

Supóngase que se tiene datos sobre  $I$  unidades con  $i = 1, \dots, I$ , a lo largo de  $T$  periodos de tiempo con  $t = 1, \dots, T$  un modelo de frontera estocástica de producción tipo Cobb-Douglas con eficiencia técnica invariante en el tiempo puede ser representada como (Kumbhakar & Lovell, 2000):

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln x_{nit} + v_{it} - u_i \quad (39)$$

donde  $v_{it}$  representa el error aleatorio,  $u_i \geq 0$  es la ineficiencia técnica, esto, suponiendo una estructura de producción es constante a lo largo del tiempo, es decir inexistencia de cambio tecnológico.

Sin embargo el supuesto de eficiencia invariante en el tiempo se vuelve restrictivo al analizar unidades de decisión que se desenvuelven en entornos competitivos o cuando se dispone de información para muchos períodos de tiempo.

Al relajar el supuesto de invarianza en el tiempo los procedimientos de estimación son el método de máxima verosimilitud y el método de los momentos (Kumbhakar & Lovell, 2000), como ya se mencionó este trabajo utiliza el método de máxima verosimilitud para un panel equilibrado.

#### 5.3.1. Máxima verosimilitud

Este método fue desarrollado por Kumbhakar y Lovell (Kumbhakar & Lovell, 2000), la expresión del modelo frontera estocástica para datos de panel con eficiencia variante en el tiempo es la siguiente:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln x_{nit} + v_{it} - u_{it} \quad (40)$$

donde

$$u_{it} = \beta_t \cdot u_i \quad (41)$$

suponiendo  $u_i \sim \text{i.i.d } N^+(0, \sigma_u^2)$  y  $v_{it} \sim \text{i.i.d } N(0, \sigma_v^2)$ .

La perturbación estocástica está definida por  $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it} = v_{it} - \beta_t \cdot u_i$  en este caso  $\varepsilon = (\varepsilon_{i1}, \dots, \varepsilon_{iT})$ , por lo tanto:

$$\begin{aligned} f(\varepsilon_i) &= \int_0^\infty f(\varepsilon_i, u_i) du_i = \int_0^\infty \prod_t f(\varepsilon_{it} - \beta_t \cdot u_i) f(u_i) du_i = \\ &= \frac{2}{(2\pi)^{(T+1)/2} \sigma_v^T \sigma_u} \cdot \int_0^\infty \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\sum_t (\varepsilon_{it} - \beta_t \cdot u_i)^2}{\sigma_v^2} + \frac{u_i^2}{\sigma_u^2} \right) \right] du_i = \\ &= \frac{2\sigma_* \exp \left[ -\frac{1}{2} a_{i*} \right]}{(2\pi)^{T+1} / 2 \sigma_v^T \sigma_u} \int_0^\infty \frac{1}{\sigma_* \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (u_i - u_{i*})^2 \right] du_i \end{aligned} \quad (42)$$

donde:

$$\int_0^\infty \frac{1}{\sigma_* \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (u_i - u_{i*})^2 \right] du_i = 1 - \Phi \left( -\frac{\mu_{i*}}{\sigma_*} \right) \quad (43)$$

$$u_{i*} = \frac{\left( \sum_t \beta_t \cdot \varepsilon_{it} \right) \sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2 \sum_t \beta_t^2} \quad (44)$$

$$\sigma_{i*}^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2 \sum_t \beta_t^2} \quad (45)$$

$$a_{i*} = \frac{1}{\sigma_v^2} \left[ \sum_t \varepsilon_{it}^2 - \frac{\sigma_u^2 \left( \sum_t \beta_t^2 \cdot \varepsilon_{it} \right)^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2 \sum_t \beta_t^2} \right] \quad (46)$$

La función de log-verosimilitud resulta:

$$\ln L = k - \frac{1}{2} \ln \sigma_*^2 - \frac{1}{2} \sum_i a_{*i} - \frac{I \cdot T}{2} \ln \sigma_v^2 - \frac{1}{2} \ln \sigma_u^2 + \sum_i \ln \left[ 1 - \Phi \left( -\frac{\mu_{i*}}{\sigma_*} \right) \right] \quad (47)$$

la ecuación (47) puede maximizarse para obtener las estimaciones de  $\beta$ ,  $\beta_t$ ,  $\sigma_u^2$  y  $\sigma_v^2$ .

La función de densidad de la ineficiencia condicionada a la perturbación se distribuye según una  $N^+(\mu_{*i}, \sigma_*^2)$ .

Un estimador de  $u_i$  puede obtenerse mediante la media o la moda de  $(u_i|\varepsilon_i)$ , expresados como:

$$E(u|\varepsilon) = \mu_* + \sigma_* \left[ \frac{\Phi(-\mu_*/\sigma_*)}{1 - \Phi(-\mu_*/\sigma_*)} \right] \quad (48)$$

y

$$M(u|\varepsilon) = \begin{cases} u_* & \text{si } \sum_t \beta_t \cdot \varepsilon_t \geq 0 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases} \quad (49)$$

Al tener estimado  $u_i$  puede obtenerse  $u_{it}$  con  $\hat{u}_{it} = \hat{u}_i \cdot \hat{\beta}_t$ , donde  $\hat{u}_i$  puede ser  $E(u|\varepsilon)$  o  $M(u|\varepsilon)$ , mientras que  $\hat{\beta}_t$  son las estimaciones máximo verosímiles de  $\beta_t$  con  $t = 1, \dots, T$  con una normalización de  $\beta_1 = 1$  o  $\beta_T = 1$ .

Una forma alternativa de representar un estimador es:

$$E(\exp[-u_{it}]|\varepsilon_i) = E(\exp[-u_{it} \cdot \beta_t]|\varepsilon_i) = \frac{1 - \Phi(\beta_t \sigma_* - (\mu_{*i}/\sigma_*))}{1 - \Phi(-\mu_{*i}/\sigma_*)} \cdot \exp \left[ -\beta_t \cdot \mu_{u_{*i}} + \frac{1}{2} \beta_t^2 \cdot \sigma_*^2 \right]. \quad (50)$$

La dependencia temporal de los coeficientes tiene dos formas de representarse:

1. Cuando  $\beta_t$  se representa como una función paramétrica del tiempo expresada como (Kumbhakar,1990):

$$\beta(t) = [1 + \exp[\gamma t + \delta t^2]]^{-1} \quad (51)$$

La función  $\beta(t)$  cumple  $0 \leq \beta(t) \leq 1$ , la cual puede ser monótonamente creciente o decreciente, cóncava o convexa, esto dependerá de los signos y las magnitudes de los parámetros  $\gamma$  y  $\delta$ , si  $\gamma = \delta = 0$ , significa que la eficiencia técnica es invariante en el tiempo.

2. Una función  $\beta(t)$  que presenta sólo un parámetro adicional a estimar(Battese & Coelli, 1992):

$$\beta(t) = \exp[-\gamma(t - T)] \quad (52)$$

Esta función  $\beta(t)$  cumple  $\beta(t) \geq 0$  y  $\beta(t)$  decrece a una tasa creciente si  $\gamma > 0$ , crece a una tasa creciente si  $\gamma < 0$  o permanece constante si  $\gamma = 0$ .

## 5.4. Especificación del modelo

Se propone utilizar la frontera de producción estocástica variable en el tiempo propuesta Kumbhakar y Lovell (2000) con la siguiente especificación traslogarítmica:

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_L \ln L_{it} + \beta_K \ln K_{it} + \frac{1}{2}\beta_{LL}(\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2}\beta_{KK}(\ln K_{it})^2 + \beta_{KK}(\ln L_{it})(\ln K_{it}) \\ & + \beta_t t + \frac{1}{2}\beta_{tt}t^2 + \beta_{Lt}(\ln L_{it})t + \beta_{Kt}(\ln K_{it})t + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (53)$$

La cuál es reescrita de la siguiente manera:

$$\ln y_{it} = \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2}\beta_K \ln K_{it} + \frac{1}{2}\beta_{LL}(\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2}\beta_{KK}(\ln K_{it} + \beta_{LK}(\ln L_{it}))(\ln K_{it})$$

$$+x\beta_t t + \frac{1}{2}\beta_{tt}t^2 + \beta_{Lt}(\ln L_{it})t + \beta_{Kt}(\ln K_{it})t + v_{it} - u_{it} \quad (54)$$

Donde:

El subíndice  $i$  representa cada uno de los 3 países analizados en el año  $t$ .

$y_{it}$  = Es el PIB.

$L_{it}$  = Es el factor trabajo, el cual está representado por el personal ocupado en en el sector manufacturero.

$K_{it}$  = Es el capital y está representado por el *stock* de capital de la industria manufacturera.

$\beta$  = Son los coeficientes de los insumos.

$t$  = Es la tendencia temporal.

$v_{it}$  = Es el componente de error de ruido aleatorio.

$u_{it}$  = Es el componente de error de la ineficiencia técnica.

Esta función translogarítmica involucra, además del efecto independiente de  $t$ , la interacción entre el término de tendencia y los insumos de producción a través del cual se puede calcular el cambio tecnológico no neutral.

En el capítulo anterior se mencionó que la estimación del modelo a través del Análisis de Frontera Estocástica, el cambio tecnológico está representado por la derivada de la función de producción en relación con el tiempo y que la tasa del cambio tecnológico se define por la ecuación (34):

$$\Delta TC_{it} = \frac{\partial \ln f(x_{it}, t; \beta)}{\partial t} = \hat{\beta}_t + \hat{\beta}_{tt}t + \hat{\beta}_{Lt}L_{it} + \hat{\beta}_{Kt}K_{it} \quad (34)$$

El cambio tecnológico  $\Delta TC_{it}$ , puede ser positivo o negativo, lo que refleja que se des-  
plaza hacia arriba o hacia abajo la frontera de producción. Cuando el resultado es mayor a  
cero,  $\Delta TC_{it} > 0$  significa que hubo progreso tecnológico, por el contrario cuando el resultado

es menor a cero,  $\Delta TC_{it} < 0$ , es que hubo un retroceso tecnológico y cuando el resultado es igual cero,  $\Delta TC_{it} = 0$ , la frontera permanece constante durante los periodos analizados y por lo tanto la tecnología no tuvo ningún cambio (Kumbhakar, 2000).

### 5.4.1. Variables

Como se ha visto en anteriormente para obtener el cambio tecnológico es necesario conocer la producción generada, así como los insumos que la producen; para este trabajo se ha utilizado las siguientes variables:

1. **Producción ( $y$ ): PIB Manufacturero (US\$ a precios constantes de 2010).** El PIB es la producción neta de un sector después de sumar todos los productos y restar los insumos intermedios. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. El origen del valor agregado de determina a partir de la CIIU, Revisión 3 (Banco Mundial, 2019).
2. **Capital ( $k$ ): Stock de capital fijo real (US\$ a precios constantes de 2010).** El *stock* de capital fijo real de la industria manufacturera es un conjunto de bienes durables empleados en la producción; se trata de bienes no homogéneos en varios aspectos: naturaleza, función, edad, eficiencia productiva (LAKLEMS, 2019)
3. **Trabajo ( $l$ ) : Número de trabajadores de la industria manufacturera.** Se define como trabajadores asalariados (empleados) como aquellos trabajadores que mantienen el tipo de empleo definido como "trabajos remunerados", donde los titulares mantienen contratos de empleo implícitos o explícitos (escritos u orales) que les garantizan una remuneración básica que no depende directamente de los ingresos de la unidad para la que trabajan (LAKLEMS, 2019).

Se tiene un panel equilibrado en el cual se analizan los datos de Chile, Colombia y México en el periodo de 1990-2014 con la variables antes mencionadas.

# Capítulo 6

---

## Análisis de resultados

---

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos una vez utilizada la metodología que se propone en este trabajo para el panel de datos.

### 6.1. Especificación del modelo

En el capítulo anterior se mencionó que en esta tesis se utiliza una función traslogarítmica con la forma:

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_L \ln L_{it} + \beta_K \ln K_{it} + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \beta_{LK} (\ln L_{it})(\ln K_{it}) \\ & + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \beta_{Lt} (\ln L_{it})t + \beta_{Kt} (\ln K_{it})t + v_{it} - u_{it} \end{aligned}$$

También se especificó que el cambio tecnológico sería calculado mediante:

$$\Delta TC_{it} = \frac{\partial \ln f(x_{it}, t; \beta)}{\partial t} = \hat{\beta}_t + \hat{\beta}_{tt} t + \hat{\beta}_{Lt} L_{it} + \hat{\beta}_{Kt} K_{it}$$

Para esto se usaron las variables

1. Producción ( $y$ )
2. Capital ( $k$ )
3. Trabajadores ( $l$ )

Las cuales ya han sido definidas con anterioridad, se utilizó un panel equilibrado con datos de Chile, Colombia y México en el periodo de 1990-2014 con la variables antes mencionadas, en la tabla (2) se muestran los estadísticos descriptivos de las variables  $y$ ,  $k$  y  $l$ , estos fueron realizados tomando en cuenta el panel completo, todos los cálculos en esta tesis fueron realizados en STATA.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables  $y$ ,  $k$  y  $l$ .

Variable	Obs	Media	Desv. Esta.	Min	Max
y	75	7.14 e+13	6.28 e+13	1.46 e+13	1.88 e+14
k	75	1.87 e+11	2.14 e+11	1.26 e+10	1.56 e+11
l	75	2316981	2578271	177587	6507504

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

## 6.2. Resultados

Se presentan los resultados de la función de producción traslogarítmica con Frontera Estocástica en la siguiente tabla del sector manufacturero de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014 (ver anexo B). En el modelo de frontera estocástica se puede observar que los coeficientes de las variables trabajo y capital mostraron el signo esperado, es decir positivo. Se observa que la variable trabajo es la que mayor influencia tiene en el PIB con 17.7442, seguido de la variable capital que obtuvo 4.4912.

Tabla 3. Función de producción traslogarítmica.

Variable	Coefficiente	Error estándar
lnL	17.74422**	3.587829
lnK	4.491175*	3.403421
t	0.167844**	0.0352998
lnL2	0.9750536**	0.0940919
lnK2	0.1240447**	0.0442794
t2	0.000837**	0.0064178
lnLK	-0.0135656**	0.0390013
lnLt	0.0016513**	0.0017681
lnKt	0.0016513**	0.0016429
cons	27.8655*	8.14367
<b>Parámetros de la varianza</b>		
sigma_v	0.0502482	0.0224245
sigma_u	1.6151314	0.0351296
sigma2	0.0157801	0.0061612
lambda	2.291255	2.291255

Fuente: Elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA. Nota: Nivel de significancia estadística 5% (\*) y 1% (\*\*).

En cuanto a los parámetros de la varianza se muestra que todos son diferentes a cero, por lo que el modelo de función de producción con frontera estocástica es aceptado; el valor de  $\sigma_u^2$ , es cercano a 2 así como el valor de lambda, lo que indica que en el residuo se explica la ineficiencia. En el caso de los valores de  $\beta_t$ ,  $\beta_{tt}$  y  $\beta_{tLt}$  y  $\beta_{tKt}$  se observa que son diferentes a cero por lo que representa que el modelo puede obtener el cambio tecnológico no neutral.

Se utilizó la prueba de razón de verosimilitud (Likelihood ratio, LR) donde la hipótesis nula que se plantea es que el modelo no tiene el componente de ineficiencia. En este caso, al rechazar la hipótesis nula, se indica que son válidas las restricciones y que se tiene el componente de ineficiencia, y, por lo tanto, este se puede calcular utilizando el modelo de Análisis de Frontera Estocástica.

Tabla 4. Prueba de razón de verosimilitud.

<b>Test de Verosimilitud</b>		
<i>LR test of sigma_u=0:</i>	<i>chibar2 (01) = 2.42</i>	<i>Prob &gt;= chibar2 = 0.00</i>

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

En la estimación de modelos de frontera estocástica el valor que toman estos parámetros determina la importancia de considerar la ineficiencia en una función de producción. Todas estas pruebas en conjunto proporcionan la evidencia de que el modelo de datos de panel de efectos variables puede utilizarse para estimar una frontera de producción con la metodología análisis de frontera estocástica utilizando una máxima verosimilitud.

### 6.2.1. Prueba de normalidad y de asimetría

La prueba de normalidad se cumple al comprobarse la hipótesis nula  $h_0$ , pues las variables tienen una distribución normal obteniendo un valor de  $Prob > chi2 = 0.7108$ , esto puede observarse en la tabla (5).

Tabla 5. Prueba de normalidad.

Prueba de normalidad			
Variable	Obs )	adj chi2(2)	Prob>chi2
res	75	0.68	0.7108

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

En cuanto al valor obtenido en la prueba de asimetría, se obtuvo el signo esperado, es decir negativo, el cual es necesario para poder calcular la ineficiencia como se muestra en la tabla (6).

Tabla 6. Prueba de asimetría.

<b>Residual</b>				
	<b>Percentiles</b>	<b>Smallest</b>		
1 %	-0.2034842	-0.2034842		
5 %	-0.1371555	-0.1828544		
10 %	-0.1190183	-0.1511189	<b>Obs</b>	75
25 %	-0.0519981	-0.1371555	<b>Sum of Wgt.</b>	75

<b>50 %</b>	-0.0012952		<b>Mean</b>	3.53e-11
		<b>Largest</b>	<b>Std. Dev.</b>	0.0805945
<b>75 %</b>	0.0594567	0.1349681		
<b>90 %</b>	0.0992513	0.1382788	<b>Variance</b>	0.0064955
<b>95 %</b>	0.1349681	0.1607881	<b>Skewness</b>	-0.2109632
<b>99 %</b>	0.16339	0.16339	<b>Kurtosis</b>	2.757234

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

## 6.2.2. Análisis de resultados de cambio tecnológico

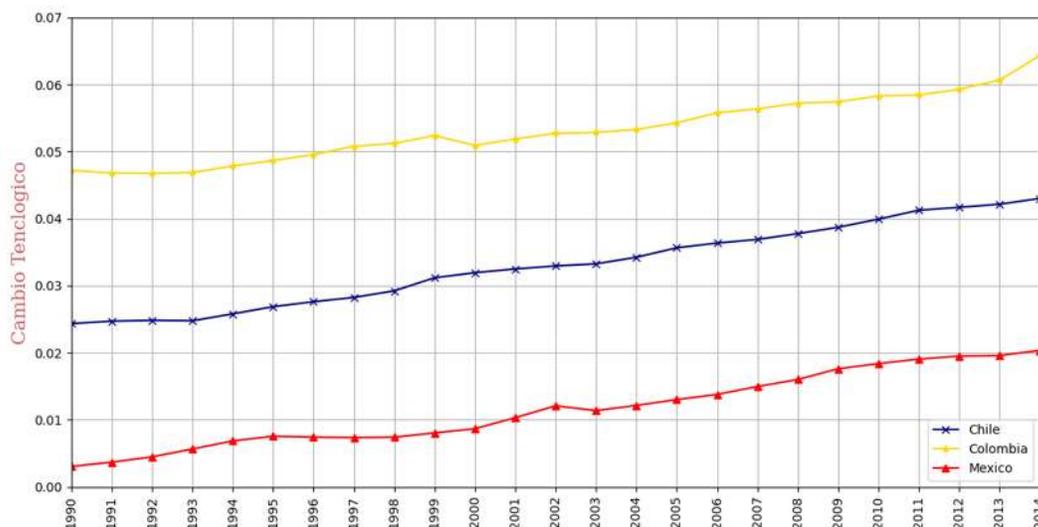
En la tabla (7) se puede observar el cambio tecnológico obtenido para cada uno de los países, donde el promedio de cambio tecnológico más alto le corresponde a Colombia, mientras que el más bajo corresponde a México. En la figura (12) se muestra la representación gráfica de esta tabla.

Tabla 7. Cambio tecnológico de la industria manufacturera de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014.

Cambio tecnológico				Cambio tecnológico			
Año	México	Colombia	Chile	Año	México	Colombia	Chile
1990	<b>0.00305</b>	0.04721	<b>0.02436</b>	2003	0.01138	0.05286	0.03327
1991	0.00369	0.04682	0.02472	2004	0.01215	0.05331	0.03425
1992	0.00448	<b>0.04676</b>	0.02484	2005	0.01302	0.05430	0.03566
1993	0.00565	0.04688	0.02478	2006	0.01379	0.05579	0.03637
1994	0.00686	0.04787	0.02581	2007	0.01497	0.05639	0.03691
1995	0.00756	0.04867	0.02688	2008	0.01602	0.05722	0.03778
1996	0.00743	0.04958	0.02762	2009	0.01762	0.05744	0.03872
1997	0.00736	0.05080	0.02826	2010	0.01839	0.05831	0.03994
1998	0.00742	0.05123	0.02924	2011	0.01907	0.05846	0.04127
1999	0.00805	0.05240	0.03119	2012	0.01951	0.05930	0.04170
2000	0.00868	0.05093	0.03195	2013	0.01959	0.06069	0.04216
2001	0.01032	0.05189	0.03251	2014	<b>0.02036</b>	<b>0.06434</b>	<b>0.04303</b>
2002	0.01210	0.05274	0.03296	Promedio	0.01154	0.05329	0.03305

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

Figura 12. Cambio tecnológico de la industria manufacturera de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014.



Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

En la tabla (8) se puede observar la tasa del cambio tecnológico obtenido para cada uno de los países, donde el promedio de cambio tecnológico para los tres países es positivo, el país con el promedio de cambio tecnológico mayor es México, mientras que el menor corresponde a Colombia, también se puede observar que ninguno de los países ha tenido un comportamiento definido. Para el periodo 2002-2003 México, Chile y Colombia de forma general tuvieron el menor cambio tecnológico, mientras que para 1998-1999 se tuvo el mayor.

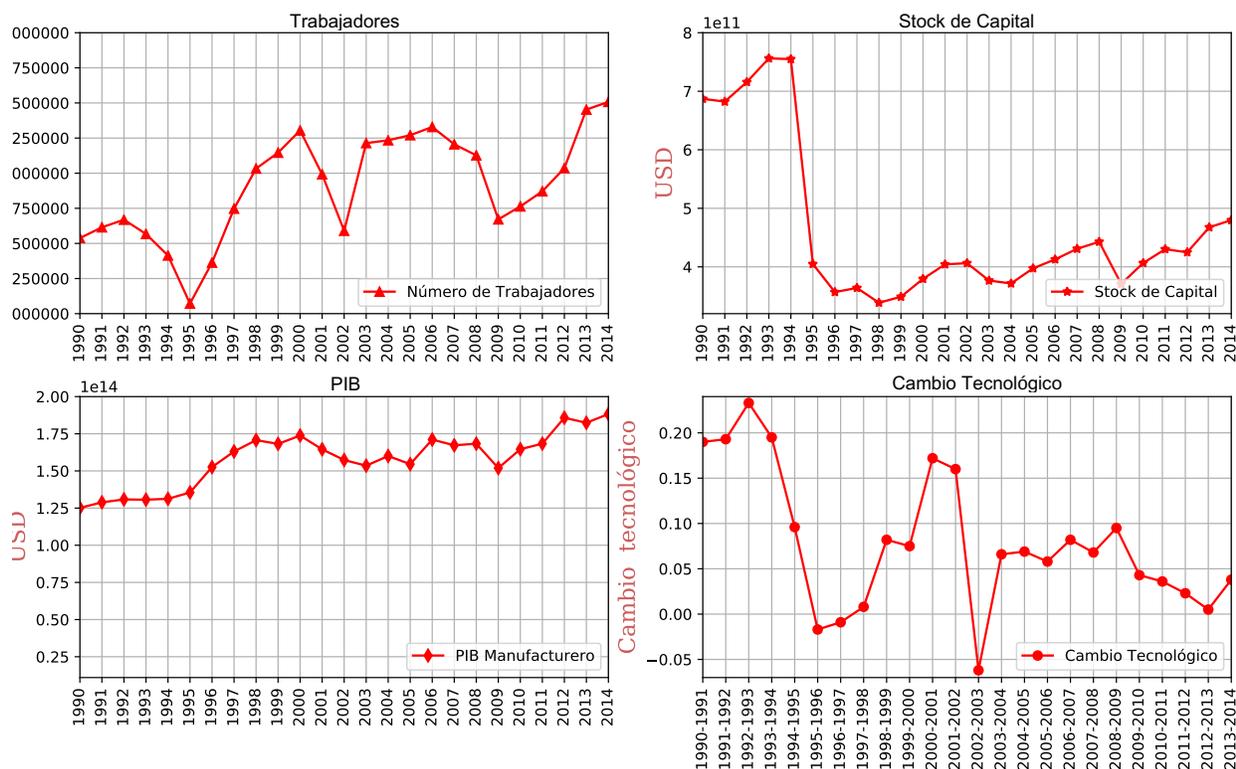
Tabla 8. Tasa de crecimiento del cambio tecnológico de la industria manufacturera de México, Colombia y Chile en el periodo 1990-2014

Tasa de crecimiento				Tasa de crecimiento			
Año	México	Colombia	Chile	Año	México	Colombia	Chile
1990-1991	0.190	-0.008	0.015	2002-2003	-0.062	0.002	0.009
1991-1992	0.193	-0.001	0.005	2003-2004	0.066	0.008	0.029
1992-1993	0.233	0.003	-0.002	2004-2005	0.069	0.019	0.040
1993-1994	0.195	0.021	0.041	2005-2006	0.058	0.027	0.020
1994-1995	0.096	0.017	0.040	2006-2007	0.082	0.011	0.015
1995-1996	-0.017	0.018	0.027	2007-2008	0.068	0.015	0.023
1996-1997	-0.009	0.024	0.023	2008-2009	0.095	0.004	0.025
1997-1998	0.008	0.008	0.034	2009-2010	0.043	0.015	0.031
1998-1999	0.082	0.023	0.065	2010-2011	0.036	0.003	0.033
1999-2000	0.075	-0.028	0.024	2011-2012	0.023	0.014	0.010
2000-2001	0.172	0.019	0.017	2012-2013	0.005	0.023	0.011
2001-2002	0.160	0.016	0.014	2013-2014	0.038	0.058	0.020
<b>Promedio</b>					0.079	0.013	0.024

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

Como se puede apreciar en la tabla (8) el país con los valores más altos de la tasa de crecimiento del cambio tecnológico es México, mientras que el que posee los valores más bajo es Colombia. De manera individual para el caso de México el periodo con el mayor cambio cambio tecnológico fue 1992-1993 y el menor fue -0.062; Colombia obtuvo el mayor registro de cambio tecnológico en 2013-2014 y el menor en 1991-1992, finalmente el valor más alto de cambio tecnológico para Chile fue en 1998-1999, mientras que el valor se observó en 1992-1993.

Figura 13. Cambio tecnológico de México en el periodo 1990-2014



Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

Analizando la figura (13) se puede apreciar que el máximo registrado para el cambio tecnológico fue durante 1992-1993, si nosotros analizamos los datos de trabajadores y *stock* de capital para estos años podemos observar que en 1992 hubo un aumento de trabajadores con respecto al año anterior sin embargo para 1993 se puede notar una disminución de personal, con respecto al *stock* de capital 1992 y 1993 son dos de los años más altos en la serie de tiempo mostrada, en estos años comienzan una serie de reformas que modificaron de forma directa los costos clave de la industria manufacturera, con lo cual se afectó su rentabilidad, esta apertura comercial no solo alteró los costos de los insumos en la manufactura sino también amplió la competencia de la manufactura mexicana (Moreno, 1999).

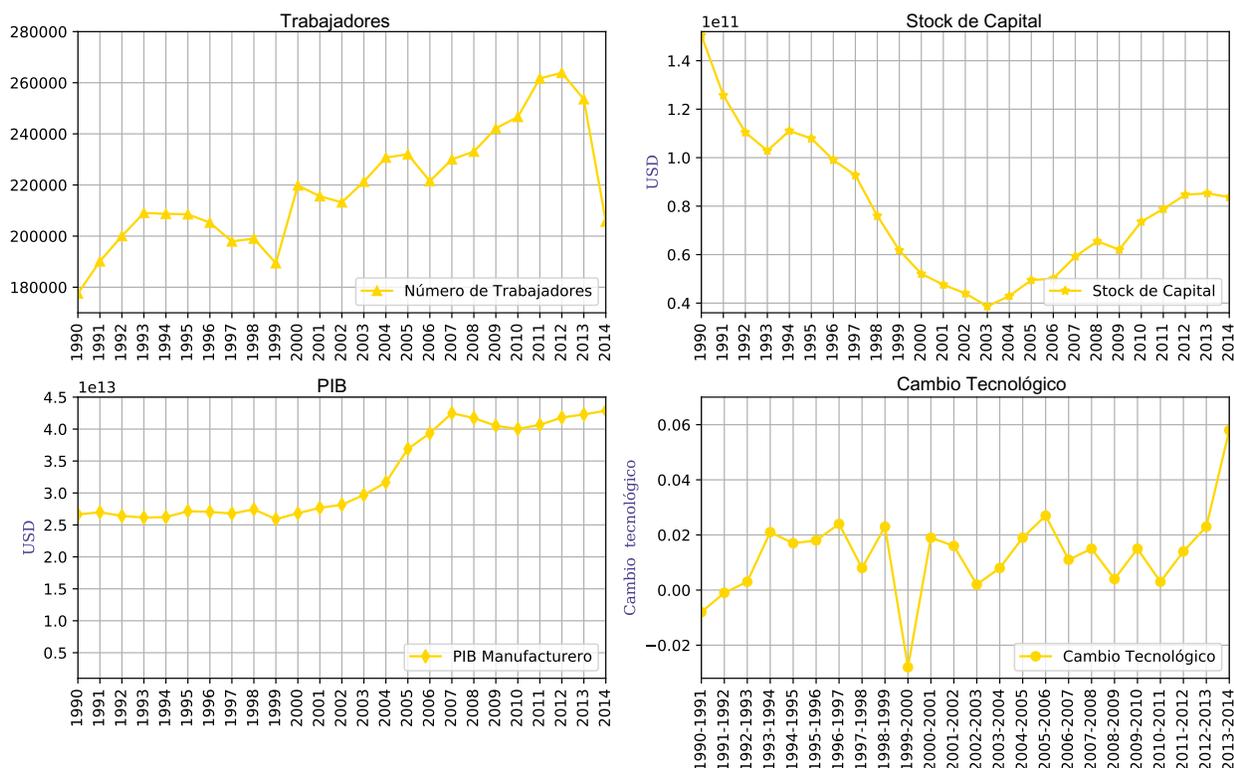
Podemos observar que la primera caída del cambio tecnológico sucede en 1993-1994 y a partir de ahí existen dos disminuciones importantes en 1994-1995 y 1995-1996, recordemos que es en 1994 cuando México atraviesa una de las crisis económicas más importantes de su historia moderna conocida como el “error de diciembre”, como consecuencia de esto las empresas con deudas en el mercado internacional se declararon en banca rota debido a que no podían pagar las deudas adquiridas en dólares, con respecto al desempleo este aumentó de forma significativa por lo cual la dinámica de las operaciones de compra-venta en el mercado disminuyeron (Castro & Névarez, 2015), esto puede ser observado en las gráficas de trabajadores y *stock* de capital en los años de 1994 a 1996, sin embargo en 1996 inicia un aumento en la cantidad de trabajadores.

Aunque se puede observar un progreso tecnológico a partir de 1995-1996 que puede verse relacionado con el crecimiento del número de trabajadores y el *stock* de capital en 2002-2003 existe una baja importante para el cambio tecnológico, México desde el año 2001 experimentó un estancamiento en la manufactura similar a la que se presentó al comienzo de los años ochenta (Sánchez, 2011); incluso podemos notar que de 2001-2003 existió una disminución en el PIB manufacturero.

En la figura (14) se muestran las gráficas correspondientes a Colombia, donde se puede apreciar que la disminución más importante que presentó respecto al cambio tecnológico fue en 1999-2000 si nosotros observamos el factor trabajo para este periodo podemos observar que a pesar de que en 1999 hubo una disminución de trabajadores para el año 2000 tuvo un incremento importante, sin embargo para el *stock* de capital hubo una disminución a partir de 1995 y este declive continuó hasta el 2003 donde es el punto más bajo registrado en el periodo 1990-2014; con respecto a la producción para el año 2000 hubo una reducción respecto al año anterior. Debe mencionarse que Colombia entre 1999 financió la economía

principalmente gracias a créditos externos obtenidos por el Sector Público, teniendo (según el indicador de deuda externa pública como proporción del PIB) (Harf, 2008).

Figura 14. Cambio tecnológico de Colombia en el periodo 1990-2014



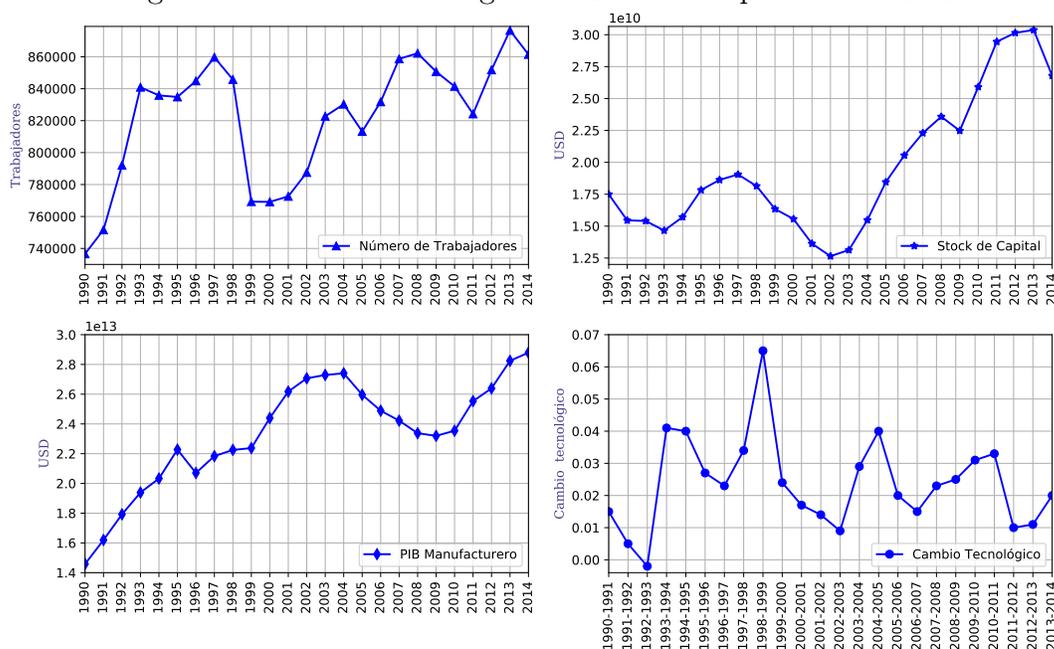
Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

El cambio tecnológico en 2002-2003 tuvo una disminución importante también, se puede ver que en 2003 se tiene el *stock* de capital más bajo para el periodo de 1990-2014, en 2002 Colombia sufrió la crisis de los TES, pues los TES cayeron en mínimos históricos para la economía colombiana, por ello se tuvo pérdidas importantes en entidades financieras (Pérez, 2003). Con un cambio tecnológico similar se encuentran 2008-2009 y 2010-2011, durante 2009 Colombia cerró con una tasa promedio de crecimiento del orden de 0,4% lo cual se registra como el desempeño más bajo de la década (Mesa, 2009). A partir de 2010 Colombia

ha intensificado en el sector manufacturero la producción de textiles y la industria automotriz, además de que ha incrementado su industria química y petroquímica (LAKLEMS, 2019).

El punto más bajo para el cambio tecnológico en Chile se encuentra en 1992-1993 como se puede observar en la figura (15), en la gráfica correspondiente al factor trabajo para el año de 1993 existió un aumento de trabajadores, también un aumento en la producción sin embargo hubo una disminución en el *stock* de capital, a inicios de la década de los noventa Chile tuvo un fuerte crecimiento económico, a pesar de esto, no se logró un proceso de industrialización hacia el mercado interno ni un progreso técnico homogéneo, como consecuencia se tuvo un estancamiento en el desarrollo de este sector (CLACSO, 2005).

Figura 15. Cambio tecnológico de Chile en el periodo 1990-2014



Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.

Como explicación al hecho de que el cambio tecnológico se disminuyera pero su producción creciera se debe a que industria mantiene su participación en el PIB debido a que la

tasa de crecimiento de este sector es similar a la del conjunto de la economía, lo cual permite entender por que entre 1979 y 1997, el valor agregado industrial creció a más de un 167% con una tasa anual acumulativa del 4,0%, con ello se explica la razón de que el empleo industrial aumentara también de forma significativa para el periodo antes mencionado (Huelva, 2010).

Para Chile el valor más alto para el cambio tecnológico se registra en 1998-1999, si se observa el comportamiento del sector industrial, la conocida como “Crisis Asiática” afectó a Chile de diversas maneras pues para ese momento Asia era un socio comercial de gran importancia para este país; Huelva (2010) diferencia dos fases, en la primera la careacteriza por al serie de ajustes importantes, esta tienen un periodo entre 1997-2001, mientras que la segunda la calificac como una “recuperación sobre nuevas bases” (2001-2004). Entre 1997 y 2001 la consencuencia más importante es la pérdida de empleos en el sector manufacturero con un más 85.000 empleos perdidos, comparados con los que se habían creado en los 18 años anteriores; la crisis de 1998 genera una cambio estructural en la industria, pues la distinción existente entre las industrias originariamente de sustitución y las exportadoras que, aunque anteriormente ya se había debilitado aún en 1997 podía explicar la dinámica del crecimiento industrial chileno, para este momento pierde fuerza, pues una parte importante de las industrias consideradas originalmente sustitutivas pasaron a ser exportadoras, lo que tiene como consecuencia un cambio en la estructura industrial del país (Huelva, 2010).

### 6.3. Discusión de resultados

Con los resultados mostrados en la tabla (3) se puede observar que los factores de producción capital, trabajo y cambio tecnológico inciden de forma positiva en la producción de la industria manufactura de Chile, Colombia y México, siendo el factor trabajo quien tiene una mayor aportación en la producción de la industria manufacturera; por esto es imprescindible

que se cuente con trabajadores capacitados, además de establecer estándares de producción realistas, para ello se deben realizar un análisis cualitativos y cuantitativos para mejorar los procesos.

En base al análisis se encontró que la variable capital tuvo menor incidencia, lo cual puede ser explicado debido a la baja innovación tecnológica que tienen estos 3 países, si se desea que la industria manufacturera de cada país analizado logre tener un crecimiento es necesario que además de atender las necesidades del factor trabajo se debe aumentar la inversión en tecnología, pues al poder optimizar procesos y mejorar la producción la industria manufacturera de Chile, México y Colombia podrá mejorar su competitividad a nivel internacional, también se debe señalar la importancia de tener mano de obra calificada para la mejora de este sector económico.

Con respecto al uso de energía en el sector manufacturero en los países de estudio, si bien es cierto que cada vez es más común ver industrias manufactureras que cuentan con sistemas de ahorro de energía, que pueden ser ir desde el diseño de la construcción al incluir entradas de luz en techos o el uso de energía solar en los procesos los procesos de producción, aún es necesario invertir mucho más en este rubro pues estas energías no solo generan un menor impacto ambiental, es también una oportunidad para mejorar la competitividad de la industria al reducir costos, lo que permitiría a las empresas manufactureras contar con una cobertura de precios de largo plazo de su fuente de energía, reduciendo el riesgo que existe cada año a aumentos y variaciones en las tarifas de energía, dependientes del entorno político y económico del país.

Al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con lo artículos revisados en el capítulo cinco de casos de estudio podemos observar que se concuerda con el hecho de

que es necesario adquirir nueva maquinaria e impulsar el fortalecimiento de las industrias ya instaladas además de crear industria pesada que permita tener un despegue tecnológico. A pesar de que el gobierno de Chile, Colombia y México tienen como objetivo la diversificación en la industria manufacturera aún no se cuenta con políticas ni un plan estructurado para lograr esto.

# Conclusiones y recomendaciones

---

## Conclusiones

En la presente investigación se realizó un análisis del cambio tecnológico en el sector manufacturero de Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014 por medio de frontera estocástica variable en el tiempo para datos panel utilizando una especificación traslogarítmica, debe mencionarse que este trabajo considera el sector manufacturo a nivel global.

Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar de qué manera han incidido los factores capital, trabajo y cambio tecnológico en la producción de la industria manufacturera en Chile, Colombia y México durante el periodo de 1990-2014, para cumplir este objetivo se construyó una panel donde se incluyeron las variables número de trabajadores (L), el *stock* de capital (K) y el PIB que aporta la industria manufacturera (Q) para construir este panel se usaron las bases de datos disponibles en el proyecto LAKLEMS (L y K) y en el Banco Mundial (Q), debido a que contaban con los datos necesarios para el periodo de estudio; una vez construido el panel se utilizó frontera estocástica variable en el tiempo para datos panel utilizando una especificación traslogarítmica para calcular el cambio tecnológico en Chile, Colombia y México.

Una vez que se uso el modelo de frontera estocástica se pudo observar que los coeficientes de las variables trabajo y capital fueron positivos, además se encontró que la variable trabajo es la que mayor influencia tiene en el PIB con 17.7442, seguido de la variable capital que

obtuvo 4.4912; con respecto a la varianza todos los parámetros son diferentes a cero, es decir el modelo de función de producción con frontera estocástica es aceptado; el valor  $\sigma^2$  es próximo a 2 al igual que el valor de  $\lambda$  por lo cual se sabe que  $i$  en el residuo se explica la ineficiencia, mientras que los parámetros  $\beta_t$ ,  $\beta_{tt}$ ,  $\beta_{tLt}$  y  $\beta_{tKt}$  se observó que son diferentes a cero por lo que representa que el modelo puede obtener el cambio tecnológico no neutral.

Con base a los resultados obtenidos en el modelo de frontera estocástica usado para analizar el panel de datos para Chile, México y Colombia con las variables capital (*stock* de capital), trabajo (número de trabajadores) y producción (PIB manufacturero), para posteriormente calcular el cambio tecnológico se puede concluir que el factor capital, trabajo y cambio tecnológico inciden de forma positiva en la producción de la industria manufacturera de Chile, Colombia y México, por lo cual se cumple la hipótesis sugerida en esta investigación.

El año en que México, Chile y Colombia de forma general tuvieron el menor progreso tecnológico fue durante el periodo 2002-2003 lo cual pudo ser explicado debido a la crisis de 2001-2002, donde América Latina sufrió una desaceleración importante en la actividad productiva de manufactura, además, esta una crisis tuvo un impacto de magnitud mundial; anterior a esto en el periodo de 1998-1999 se tuvo el mayor progreso tecnológico de forma general para los tres países, se pudo apreciar que hubo una disminución en todos los países de capital y trabajo pero la variación en la producción no tuvo reducciones importantes.

El país que cuenta con el mayor *stock* de capital y número de trabajadores es México, seguido de Chile y Colombia, también es México quien ha tenido el mayor progreso tecnológico para el periodo de estudio, es tres y cuatro veces mayor que el punto más alto de progreso tecnológico de Chile y Colombia respectivamente, sin embargo México es también el país que durante el periodo de estudio tuvo el el valor de cambio tecnológico menor registrado con

-0.062 seguido por Colombia con -0.028 y Chile con un valor de -0.002.

Actualmente la tecnología se renueva de forma acelerada, cada vez hay equipos de cómputo más avanzados y software más especializado que permiten al sector manufacturero aumentar su producción reduciendo los costos y la cantidad personal, sin embargo también es necesario contar con mano de obra capacitada para operar las nuevas maquinarias y softwares. Por lo mencionado anteriormente se puede concluir que para mejorar el sector manufacturero de Chile, Colombia y México es necesario aumentar el capital invertido en este sector e invertir en nuevas tecnologías para la producción, además de tener personal capacitado.

Una de las principales contribuciones de este trabajo es el hecho de cuantificar el cambio tecnológico anual de todas las divisiones del sector manufacturero en Chile, Colombia y México durante un periodo de 24 años mediante el uso de frontera estocástica, pues esto nos ofrece una perspectiva distinta a los trabajos previos relacionados con este sector, pues la mayoría se enfoca en solo uno de las divisiones de la manufactura, además se demuestra de forma empírica el impacto del factor capital, trabajo y cambio tecnológico positivo sobre la producción de la industria manufacturera en los países analizados.

## Recomendaciones

A lo largo de esta investigación se ha evidenciado que el capital, el trabajo y el cambio tecnológico ha incidido de forma positiva en la producción de la industria manufacturera de Chile, Colombia y México, así como el hecho de que lograr potencializar el desarrollo del sector manufacturero es fundamental para el crecimiento de la economía de cada uno de los países estudiados, pues este sector aporta un porcentaje importante del PIB y además los productos de este sector son de gran valor para la exportación.

Los gobiernos de las naciones analizadas en esta tesis deben de considerar la creación de políticas sobre la industria manufacturera tomando en cuenta las debilidades que tiene como lo es la falta en inversión tecnológica, así como sus fortalezas las cuales radican en los socios comerciales con los que cuenta Chile, Colombia y México, además de buscar la diversificación de la producción.

Aunque en la actualidad tecnología como la robótica y la automatización juega un papel de gran relevancia en la transformación de la materia prima en nuevos productos el factor humano sigue siendo fundamental en este sector, esto es uno de los motivos por los que América Latina resulta atractiva para la inversión extranjera en el sector manufacturero pues se cuenta con mano de obra capacitada considerablemente más económica que la de otros países.

La relevancia que tiene el sector manufacturero en la economía nacional, no se limita únicamente a la captación de inversión extranjera, pues destaca el hecho de que de forma anual la industria manufacturera representa ingresos millonarios para Chile, Colombia y México, por lo cual fomentar políticas que apoyen el crecimiento manufacturero tendrá como beneficios un crecimiento significativo en PIB, además de aportar una parte considerable en

la recaudación de impuestos, lo cual es relevante pues el gobierno utiliza dichos fondos para gestionar las inversiones y obras públicas.

Al ser la mano de obra la variable más representativa del modelo, debe de considerarse la creación de estrategias para optimizar este factor, pues si bien de la maquinaria y la tecnología permite impulsar el crecimiento de la industria es necesario contar con personal humano capaz de utilizar estas herramientas, al elevar el nivel de producción mediante la curva de experiencia las empresas manufactureras pueden disminuir el costo de producción, esto se debe realizar sin descuidar la calidad de sus productos.

El sector manufacturero es la base para realizar actividades económicas terciarias, las cuales están destinadas a los servicios, estas son una gran fuente de empleo trayendo como consecuencia beneficios para la economía de un país. Para finalizar se recalca el hecho de que en este documento se analiza de forma global la industria manufacturera sin embargo realizar un análisis por división permitiría tomar medidas adecuadas para cada uno permitiendo un proceso de industrialización óptimo, proyectos como la LAKLEMS permite obtener de forma detallada los datos necesarios para este análisis.

## Bibliografía

---

Allen, R. G. D. (1963). *Mathematical economics* (No. 330.182 A5 1959).

Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.

Araujo, Jair Andrade, Débora Gaspar Feitosa, and Almir Bittencourt da Silva. "América Latina: productividad total de los factores y su descomposición." *Revista Cepal* (2014).

Astori Saragosa, D. (1980). Algunas características de la industrialización en América Latina. *México: Comercio Exterior*, 30(12), 1386-1400.

Astudillo Moya, Marcela and Paniagua Ballinas, Jorge Federico (2012). *Fundamentos de economía*. Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc).

Baltagi, B. (2008). *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons.

Banco de México (2009). *Regímenes Cambiarios en México a partir de 1954*. Banco de México. INEGI (2016).

Banco Mundial (2018): <https://datos.bancomundial.org/indicador/ny.gdp.pcap.pp.cd>.

Banco Mundial (2019): <https://datos.bancomundial.org/indicador/ny.gdp.mktp.cd>

Benavente, J. M., Crespi, G., Katz, J., & Stumpo, G. (1996). La transformación del desarrollo industrial de América Latina. *Revista de la CEPAL*, 60, 49-73.

Benavides, Ó. A. (2004). La innovación tecnológica desde una perspectiva evolutiva. *Cuadernos de economía*, 23(41), 49-70.

Borgoglio, L., & Odisio, J. (2015). La productividad manufacturera en Argentina, Brasil y México: una estimación de la Ley de Kaldor-Verdoorn, 1950-2010. *Investigación económica*, 74(292), 185-211.

Brunnschweiler, C. N. (2008). Cursing the blessings? Natural resource abundance, institutions, and economic growth. *World development*, 36(3), 399-419.

Burachik, G. (2000). Cambio tecnológico y dinámica industrial en América Latina. *Revista de la CEPAL*.

Camberos, C., Huesca Reynoso, L., & Castro Lugo, D. (2013). Cambio tecnológico y diferencial salarial en las regiones de México: un análisis de datos de panel para el sector servicios. *Estudios fronterizos*, 14(28), 187-211.

Cannan, E. (1903). *A History of the Theories of Production and Distribution: In English Political Economy, from 1776 to 1848*. PS King & son.

Canudas, R. (2006). Estudio econométrico de la influencia del capital humano en el crecimiento de la productividad industrial de México, 1960-1993. AEEADE..

Caputo, O. (1998). Crisis asiática y economía chilena en la globalización. disponible online en: <http://www.redem.buap.mx/acrobat/caputo1.pdf>.

Carbajal Suárez, Yolanda, Berenice Carrillo Macario, and Jesús Almonte. "Dinámica productiva del sector automotriz y la manufactura en la frontera norte de México: Un análisis con datos de panel, 1980-2014." *Frontera norte* 30.59 (2018): 29-56.

Caro-Moreno, J. C. (2015). El progreso técnico: una mirada desde el crecimiento y el desarrollo económico. *Quaestiones Disputatae: temas en debate*, 8(17).

Castells, M. (1999). *La revolución de la tecnología de la información. La era de la revolución: economía, sociedad y cultura*, 1.

Castro, M. C., & Nevárez, J. B. (2015). Las crisis económicas y sus efectos en el mercado de trabajo, en la desigualdad y en la pobreza de México. *Contaduría y administración*, 60, 219-249.

CEPAL (2018): <https://www.cepal.org/es>

Chamberlain, G. (1984). Panel data. *Handbook of econometrics*, 2, 1247-1318.

Cimoli, M., & CEPAL, N. (2005). Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina. Didier.

CIIU Revisión 4: [https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/seriesm\\_4rev4s.pdf](https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/seriesm_4rev4s.pdf)

Clasificador de actividad económica. INEGI.

CLANAE:

[https://www.indec.gob.ar/micro\\_sitios/clanae/documentos/NOTAS\\_METODOLOGICAS\\_CLANAE-2010.pdf](https://www.indec.gob.ar/micro_sitios/clanae/documentos/NOTAS_METODOLOGICAS_CLANAE-2010.pdf)

Clavijo, S., & Banco, M. D. L. J. D. (2003). Crecimiento, productividad y la 'nueva economía': Implicaciones para Colombia. *Borradores de Economía*, 228, 1-37.

Coelli, T. J. (1992). A computer program for frontier production function estimation: Frontier version 2.0. *Economics letters*, 39(1), 29-32.

Coelli, T. (1995). Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: A Monte Carlo analysis. *Journal of productivity analysis*, 6(3), 247-268.

Comisión Económica para América Latina, & el Caribe. (2018). Balance Preliminar De Las Economías De América Latina Y El Caribe 2017. United Nations Publications.

Comisión Económica para América Latina, & el Caribe. (2007). Balance Preliminar De Las Economías De América Latina Y El Caribe 2006. United Nations Publications.

Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (Ed.). (2005). Contexto sociopolítico y económico en las últimas cuatro décadas de la sociedad chilena. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, CLACSO.

Coq Huelva, D., & Ríos Núñez, S. (2010). Cambio estructural en la industria manufacturera en Chile. 1979-2004. *Revista de Economía Mundial*, 26, 27-51.

Correa, Felipe. Pobreza, desigualdad y estructura productiva en ciudades: Evidencia desde Chile usando datos de panel. No. 207. Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2016.

Dabat, A. (2012). El rumbo de la economía argentina bajo el kirchnerismo. *Economía UNAM*, 9(26), 43-67.

DANE (2018):  
<http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>

Davis, R. A., & Dunsmuir, W. T. (1996). Maximum likelihood estimation for MA (1) processes with a root on or near the unit circle. *Econometric theory*, 12(1), 1-29.

Deloitte (2015):  
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ar/Documents/manufactura/Informe%20Sector%20Manufacturing%20Argentina%20N14.pdf>

Diccionario, R. A. E. (2007). Diccionario de la lengua española. Diccionario, De La Lengua Española.

DNP (2005) Informe de Coyuntura Septiembre. Bogotá: Dirección de Desarrollo Empresarial.

Dutrénit, G. (2016). Innovación, recursos naturales y manufactura avanzada: nuevos dilemas de la industrialización en América Latina. *EKONOMIAZ. Revista vasca de Economía*, 89(01), 57-85.

Esser, K. (1993). América Latina. Industrialización sin visión. Nueva Sociedad, 125, 27-46.

Fajnzylber, F. (1983). *La industrialización trunca de América Latina*. Editorial Nueva Imagen.

Fajnzylber, F. (1990). *Industrialización en América Latina: de la caja negra" al" casillero vacío": comparación de patrones contemporáneos de industrialización"*. Cepal.

Fazio, H. (1998): El tigre chileno y la crisis de los dragones asiáticos, Ediciones LOM, Santiago de Chile.

Fondo Monetario Internacional: <https://www.imf.org/external/>

Friedman, M., & FRIEDMAN, M. (1953). *Essays in positive economics*. University of Chicago Press.

Garay, L. J. (1998). Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996. Biblioteca virtual del Banco de la República, 563-614.

García-Herrero, A., Dos Santos, E., Urbiola, P., Dal Bianco, M., Soto, F., Hernández, M., ... & Sánchez, R. (2014). Competitividad del sector manufacturero en América Latina: tendencias y determinantes (No. 1410).

Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India.

Guerrero Guzmán, V. M. (2003). Análisis estadístico de series de tiempo económicas (No. 04; Q280, G8 2003.).

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (quinta edición). México: Editorial Mc. Graw Hill.

Harf, M., & Caballero, C. (1975). *Situación y perspectivas de la Economía Mundial*.

Hill, R. C., Griffiths, W. E., & Lim, G. C. (2018). *Principles of econometrics*. John Wiley & Sons.

Hofman, A., Mas, M., Aravena, C., & Guevara, J. F. D. (2017). Crecimiento económico y productividad en Latinoamérica. *El proyecto LA-KLEMS. El trimestre económico*, 84(334), 259-306.

Hurtado, Dario. "Apertura comercial y desindustrialización: Un análisis de panel para América del Sur." *INNOVA Research Journal* 3.8.1 (2018): 113-126.

INDEC (2018): <https://www.indec.gob.ar/>

INEGI (2016). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera. INEGI.

INEGI (2019). <https://www.inegi.gob.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825172251>

Karol, Rodriguez, and Jorge Vélez. "Impacto de las TIC en el nivel de innovación en América Latina y el Caribe: Estimaciones econométricas a nivel de un panel." (2013): 1-18.

Kendrick, J. W., & Creamer, D. B. (1965). Measuring company productivity: handbook with case studies. National industrial conference board.

Kumbhakar, S. C. (1990). Production frontiers, panel data, and time-varying technical inefficiency. *Journal of econometrics*, 46(1-2), 201-211.

Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. K. (2000). Stochastic production frontier. Cambridge University Press.

Kumbhakar, SC, & Sarkar, S.(2003). Deregulation, ownership and productivity growth in the banking industry: Evidence from India. *Journal of Money Credit and Banking*, 35(3), 403-424.

Jaramillo, P., Lehmann, S., & Moreno, D. (2009). China, precios de commodities y desempeño de América Latina: algunos hechos estilizados. *Cuadernos de economía*, 46(133), 67-105.

Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., & Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of econometrics*, 19(2-3), 233-238.

LAKLEMS (2019). LAKLEMS: Crecimiento Económico y Productividad en América Latina. Enero de 2019. Base de datos disponible en: <http://www.laklems.net/>

Levitan, S. A., & Werneke, D. (1984). Productivity--problems, prospects, and policies (No. 40). Johns Hopkins University Press.

Littre, E. (1883). *Études sur les barbares et le moyen âge*.

López, A., & Orlicki, E. (2006). ¿Quién patenta en la Argentina? Un análisis econométrico para el sector manufacturero. En "Sistemas de Propiedad Intelectual y Gestión Tecnológica en Economías Abiertas: una Visión Estratégica para América Latina y el Caribe." OMPICEPAL.

Lugones, G., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. CEPAL.

Maddison, Angus (1988). Avances y retrocesos en las economías capitalistas evolucionadas; técnicas de evaluación cuantitativa. Comercio Exterior (México).

Malisani, E. A. A. (1989). Ingeniería económica (Vol. 32). Marcombo.

Mankiw, N. G. (2006). The macroeconomist as scientist and engineer. *Journal of Economic Perspectives*, 20(4), 29-46.

Manso, A. P. (2000). Introducción a la realidad económica latinoamericana. Fernando Harto de Vera, Compilador, América Latina: desarrollo, democracia y globalización, Madrid, Trama Editorial,(2000, 49).

Martín, L. M. C., & Portilla, J. S. P. (2017). Política industrial en Colombia, contexto histórico y análisis de las propuestas recientes hasta 2014 (No. 017103). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN.

Marx, K. (1867). El capital. Crítica de la economía política. Tomo I. Vol. I, 2.1

Medianero D. (2016). *Productividad total, teoría y métodos de medición*. Editorial Macro, Lima, ISBN, 978612-304.

Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 435-444.

Méndez Sayago, J. A., Méndez Sayago, J. M., & Hernández Escolar, H. A. (2013). Productividad total de los factores, cambio técnico, eficiencia técnica y PIB potencial en latinoamérica. *Semestre Económico*, 16(34), 65-91.

Mesa, R. J., González, J., & Aguirre, Y. C. (2009). Se "esfumó" el crecimiento económico colombiano en 2009: análisis de la coyuntura y perspectivas 2010. *Perfil de Coyuntura Económica*, (14), 69-111.

Montiel, J. D. (2003). Apuntes sobre empresas recuperadas por los trabajadores en la Argentina. *Trabajo y sociedad: Indagaciones sobre el empleo, la cultura y las prácticas políticas en sociedades segmentadas*, (6), 7.

Montilla, F. (2007). Conceptos básicos de microeconomía de la empresa. *Función de Producción*.

Moreno Brid, J. C. (1999). Reformas macroeconómicas e inversión manufacturera en México.

Pérez, C. (2003). La crisis de los TES: un año después. *Corficolombiana*. Recuperado de <https://www.corficolombiana.com/WebCorficolombiana/Repositorio/Informes/MDP22092003.pdf>.

Pérez Hernández, C. C., Gómez Hernández, D., & Lara Gómez, G. (2018). Determinantes de la capacidad tecnológica en América Latina: una aplicación empírica con datos de panel. *Economía: teoría y práctica*, (48), 75-123.

Phelps, E. S. (1963). Substitution, fixed proportions, growth and distribution. *International Economic Review*, 4(3), 265-288.

Prokopenko, Joseph. (1989). *La gestión de la productividad*. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra.

Programa de Análisis de la Dinámica Industrial (2019): <https://sgo-win12-we-e1.cepal.org/ddpe/padi/padi.asp#>.

Quesnay, F. (1766). Análisis de la fórmula aritmética del Tableau Economique de la distribución de los gastos anuales de una nación agrícola. *El tableau economique y otros escritos fisiocráticos*. Barcelona: Editorial Fontamara.

Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*: London.

Rojas, M. (2012). Capital humano y cambios en la estructura productiva: análisis teórico en un modelo de crecimiento. *Papeles de población*, 18(71), 187-212.

Rosales, O. (1990). Competitividad, productividad e inserción externa de América Latina. *Comercio exterior*, 40(8), 8.

Salinas, Carlos (2000). *México, un paso difícil a la modernidad*. Plaza & Janés Editores, Barcelona.

Sánchez Juárez, I. L. (2011). Estancamiento económico en México, manufacturas y rendimientos crecientes: un enfoque kaldoriano. *Investigación económica*, 70(277), 87-126.

Santander 2019:  
[https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/brasil/politica-y-economia?accepter\\_cookies=oui](https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/brasil/politica-y-economia?accepter_cookies=oui)

Schumpeter, J. A. (1912). 1934. *The theory of economic development*. Smith, A. (1937). *The wealth of nations* [1776].

SCIAN: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/scian/tablxiv.pdf>

Singer, C. J., & Williams, T. I. (1954). *A history of technology* (No. 609). Clarendon Press.

Smith, A., Quintana, E. F., & Blas, L. P. (1996). *Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura.

Sosa, A. J. y Dirié, C. (2018). *Argentina y Brasil: industrialización, contexto internacional y relaciones bilaterales 1940-2010*, Buenos Aires, AmerSur. ISBN 978-987-42-7306-2

Ricardo, D. (1817). Solow, Robert M. (1956). A contribution to the theory of economic growth . The quarterly journal of economics. 70(1), 65-94.

The Principles of Political Economy and Taxation. Reprint. Londong Dent.

Villarreal, R. (1988). *México 2010; de la industrialización tardía a la reestructuración industrial* (No. 04; HD2329, V5.).

Wooldridge, J. M. (2006). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. Editorial Paraninfo.

## Apéndice A

---

### Anexo: Clasificación de la industria manufacturera

---

**Clasificación de la industria manufacturera chilena y colombiana con base a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades CIIU4.CL 2012**

1. **Industria alimentaria:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la elaboración, conservación y envasado de productos alimentarios para consumo humano y para animales.
  - a) Elaboración de alimentos para animales.
  - b) Molienda de granos y de semillas y obtención de aceites y grasas.
  - c) Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares.
  - d) Conservación de frutas, verduras y alimentos preparados.
  - e) Elaboración de productos lácteos.
  - f) Matanza, empacado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles.

- g)* Preparación y envasado de pescados y mariscos.
- h)* Elaboración de productos de panadería y tortillas.
- i)* Otras industrias alimentarias

2. **Industria de las bebidas y del tabaco:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la elaboración de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, al beneficio del tabaco y a la elaboración de productos de tabaco

- a)* Industria de las bebidas.
- b)* Industria del tabaco.

3. **Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la preparación e hilado de fibras textiles naturales; a la fabricación de hilos y telas, y al acabado y recubrimiento de textiles. Incluye productos de palma.

- a)* Preparación e hilado de fibras duras naturales.
- b)* Preparación e hilado de fibras blandas naturales.
- c)* Fabricación de telas.
- d)* Acabado de productos textiles y fabricación de telas recubiertas.
- e)* Fabricación de telas recubiertas.

4. **Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación productos textiles, excepto prendas de vestir.
- a) Confección de alfombras, blancos y similares.
  - b) Fabricación de otros productos textiles, excepto prendas de vestir.
  - c) Confección, bordado y deshilado de productos textiles.
  - d) Fabricación de redes y otros productos de cordelería.
  - e) Fabricación de productos textiles reciclados y otros productos textiles.
5. **Fabricación de prendas de vestir:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de prendas de vestir y accesorios de vestir. Incluye la confección de modelos de prendas y accesorios de vestir para su reproducción masiva.
- a) Fabricación de prendas de vestir.
  - b) Confección de accesorios de vestir.
6. **Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos:** Unidades económicas dedicadas principalmente al curtido y acabado de cuero y piel; a la fabricación de calzado y de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.
- a) Curtido y acabado de cuero y piel.

*b)* Fabricación de calzado.

*c)* Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.

7. **Industria de la madera:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de diversos productos de madera en aserraderos integrados.

*a)* Aserrado y conservación de la madera.

*b)* Fabricación de productos para la construcción.

*c)* Fabricación de otros productos de madera.

8. **Industria del papel:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de pulpa (de madera y de materiales reciclados), papel, cartón, y productos de papel y cartón.

*a)* Fabricación de pulpa, papel y cartón.

*b)* Fabricación de productos de cartón y papel.

9. **Impresión e industrias conexas:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la impresión hecha sobre pedido en imprentas y talleres de serigrafía; a la impresión de formas continuas para impresión, y a realizar actividades para la industria de la impresión.

*a)* Impresión.

*b)* Industrias conexas a la impresión.

10. **Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón:**

Unidades económicas dedicadas principalmente a la refinación de petróleo crudo, a la fabricación de productos derivados del petróleo refinado y del carbón mineral.

*a)* Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.

11. **Industria química:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos químicos.

*a)* Fabricación de productos químicos básicos.

*b)* Fabricación de resinas y hules sintéticos, y fibras químicas.

*c)* Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos.

*d)* Fabricación de productos farmacéuticos.

*e)* Fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos.

*f)* Fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador.

*g)* Fabricación de otros productos químicos.

12. **Industria del plástico y del hule:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos de plástico y de hule.

*a)* Fabricación de productos de plástico.

*b)* Fabricación de productos de hule.

13. **Fabricación de productos a base de minerales no metálicos:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios; de vidrio y productos de vidrio; de cemento y productos de concreto; de cal; yeso y productos de yeso, y de otros productos a base de minerales no metálicos. Incluye la obtención de arcilla integrada con la fabricación de productos terminados.

*a)* Fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios.

*b)* Fabricación de vidrio y productos de vidrio.

*c)* Fabricación de cemento y productos de concreto.

*d)* Fabricación de cal, yeso y productos de yeso.

14. **Industrias metálicas básicas:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fundición primaria de hierro bruto; a la fabricación de acero y productos de hierro y acero; a la fundición, afinación, refinación y laminación de metales no ferrosos, y al moldeo por fundición de piezas metálicas.

*a)* Industria básica del hierro y del acero.

*b)* Industria básica del aluminio.

*c)* Industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio.

*d)* Moldeo por fundición de piezas metálicas.

15. **Fabricación de productos metálicos:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos forjados y troquelados a partir de metal comprado y a la fabricación de otros productos metálicos.

- a) Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados.
- b) Fabricación de herramientas de mano sin motor y utensilios de cocina metálicos.
- c) Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería.
- d) Fabricación de calderas, tanques y envases metálicos.
- e) Fabricación de herrajes y cerraduras.
- f) Fabricación de alambre, productos de alambre, resortes, piezas metálicas y tornillos.
- g) Recubrimientos y terminados metálicos.
- h) Fabricación de otros productos metálicos.

16. **Fabricación de maquinaria y equipo:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de maquinaria y equipo para las actividades agropecuarias, la construcción, la industria, el comercio y los servicios; de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial; de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones.

- a) Fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción

y para la industria extractiva.

- b)* Fabricación de maquinaria y equipo para la construcción.
- c)* Fabricación de maquinaria y equipo para las industrias manufactureras, excepto la metalmecánica.
- d)* Fabricación de maquinaria y equipo para el comercio y los servicios.
- e)* Fabricación de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial.
- f)* Fabricación de maquinaria y equipo para la industria metalmecánica.
- g)* Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones.
- h)* Fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general.

**17. Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de computadoras y equipo periférico; equipo de comunicación; equipo de audio y video; componentes electrónicos; instrumentos de medición, control, navegación, equipo médico electrónico, y a la fabricación y reproducción masiva de medios magnéticos y ópticos.

- a)* Fabricación de computadoras y equipo periférico.

- b)* Fabricación de equipo de comunicación.
- c)* Fabricación de equipo de audio y de video.
- d)* Fabricación de componentes electrónicos.
- e)* Fabricación de instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico.
- f)* Fabricación y reproducción de medios magnéticos y ópticos

18. **Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de accesorios de iluminación, aparatos eléctricos de uso doméstico, equipo de generación y distribución de energía eléctrica, y otros equipos y accesorios eléctricos.

- a)* Fabricación de accesorios de iluminación.
- b)* Fabricación de aparatos eléctricos de uso doméstico.
- c)* Fabricación de equipo de generación y distribución de energía eléctrica.
- d)* Fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos

19. **Fabricación de equipo de transporte y partes para vehículos automotores:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de equipo de transporte.

- a)* Fabricación de automóviles y camiones.

- b)* Fabricación de carrocerías y remolques.
- c)* Fabricación de partes para vehículos automotores.
- d)* Fabricación de equipo aeroespacial.
- e)* Fabricación de equipo ferroviario.
- f)* Fabricación de embarcaciones.
- g)* Fabricación de otro equipo de transporte.

20. **Fabricación de muebles, colchones y persianas:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de muebles, colchones, persianas y cortineros.

- a)* Fabricación de muebles.
- b)* Fabricación de muebles de oficina y estantería.
- c)* Fabricación de colchones, persianas y cortineros.

21. **Otras industrias manufactureras:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de equipo y aparatos no electrónicos para uso médico, dental y para laboratorio, material desechable de uso médico y de artículos oftálmicos y otras manufacturas no clasificadas en otra parte.

- a)* Fabricación de equipo no electrónico y material desechable de uso médico, dental y para laboratorio, y artículos oftálmicos.

*b)* Otras industrias manufactureras

## 22. Descripciones insuficientemente especificadas de subgrupo de actividad del sector de industrias manufactureras

### Clasificación de la industria manufacturera mexicana en base al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN)

1. **Industria alimentaria:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la elaboración, conservación y envasado de productos alimentarios para consumo humano y para animales.

- a)* Elaboración de alimentos para animales.
- b)* Molienda de granos y de semillas y obtención de aceites y grasas.
- c)* Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares.
- d)* Conservación de frutas, verduras y alimentos preparados.
- e)* Elaboración de productos lácteos.
- f)* Matanza, empacado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles.
- g)* Preparación y envasado de pescados y mariscos.
- h)* Elaboración de productos de panadería y tortillas.
- i)* Otras industrias alimentarias

2. **Industria de las bebidas y del tabaco:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la elaboración de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, al beneficio del tabaco y a la elaboración de productos de tabaco
  - a) Industria de las bebidas.
  - b) Industria del tabaco.
  
3. **Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la preparación e hilado de fibras textiles naturales; a la fabricación de hilos y telas, y al acabado y recubrimiento de textiles. Incluye productos de palma.
  - a) Preparación e hilado de fibras duras naturales.
  - b) Preparación e hilado de fibras blandas naturales.
  - c) Fabricación de telas.
  - d) Acabado de productos textiles y fabricación de telas recubiertas.
  - e) Fabricación de telas recubiertas.
  
4. **Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación productos textiles, excepto prendas de vestir.
  - a) Confección de alfombras, blancos y similares.

- b) Fabricación de otros productos textiles, excepto prendas de vestir.
- c) Confección, bordado y deshilado de productos textiles.
- d) Fabricación de redes y otros productos de cordelería.
- e) Fabricación de productos textiles reciclados y otros productos textiles.

5. **Fabricación de prendas de vestir:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de prendas de vestir y accesorios de vestir. Incluye la confección de modelos de prendas y accesorios de vestir para su reproducción masiva.

- a) Fabricación de prendas de vestir.
- b) Confección de accesorios de vestir.

6. **Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos:** Unidades económicas dedicadas principalmente al curtido y acabado de cuero y piel; a la fabricación de calzado y de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.

- a) Curtido y acabado de cuero y piel.
- b) Fabricación de calzado.
- c) Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.

7. **Industria de la madera:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de diversos productos de madera en aserraderos integrados.

- a)* Aserrado y conservación de la madera.
- b)* Fabricación de productos para la construcción.
- c)* Fabricación de otros productos de madera.

8. **Industria del papel:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de pulpa (de madera y de materiales reciclados), papel, cartón, y productos de papel y cartón.

- a)* Fabricación de pulpa, papel y cartón.
- b)* Fabricación de productos de cartón y papel.

9. **Impresión e industrias conexas:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la impresión hecha sobre pedido en imprentas y talleres de serigrafía; a la impresión de formas continuas para impresión, y a realizar actividades para la industria de la impresión.

- a)* Impresión.
- b)* Industrias conexas a la impresión.

10. **Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la refinación de petróleo crudo, a la fabricación de productos derivados del petróleo refinado y del carbón mineral.

*a)* Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.

11. **Industria química:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos químicos.

*a)* Fabricación de productos químicos básicos.

*b)* Fabricación de resinas y hules sintéticos, y fibras químicas.

*c)* Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos.

*d)* Fabricación de productos farmacéuticos.

*e)* Fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos.

*f)* Fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador.

*g)* Fabricación de otros productos químicos.

12. **Industria del plástico y del hule:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos de plástico y de hule.

*a)* Fabricación de productos de plástico.

*b)* Fabricación de productos de hule.

13. **Fabricación de productos a base de minerales no metálicos:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios; de vidrio y productos de vidrio; de cemento y productos de concreto; de cal; yeso y productos de yeso, y de

otros productos a base de minerales no metálicos. Incluye la obtención de arcilla integrada con la fabricación de productos terminados.

- a)* Fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios.
- b)* Fabricación de vidrio y productos de vidrio.
- c)* Fabricación de cemento y productos de concreto.
- d)* Fabricación de cal, yeso y productos de yeso.

14. **Industrias metálicas básicas:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fundición primaria de hierro bruto; a la fabricación de acero y productos de hierro y acero; a la fundición, afinación, refinación y laminación de metales no ferrosos, y al moldeo por fundición de piezas metálicas.

- a)* Industria básica del hierro y del acero.
- b)* Industria básica del aluminio.
- c)* Industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio.
- d)* Moldeo por fundición de piezas metálicas.

15. **Fabricación de productos metálicos:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos forjados y troquelados a partir de metal comprado y a la fabricación de otros productos metálicos.

- a)* Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados.

- b)* Fabricación de herramientas de mano sin motor y utensilios de cocina metálicos.
- c)* Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería.
- d)* Fabricación de calderas, tanques y envases metálicos.
- e)* Fabricación de herrajes y cerraduras.
- f)* Fabricación de alambre, productos de alambre, resortes, piezas metálicas y tornillos.
- g)* Recubrimientos y terminados metálicos.
- h)* Fabricación de otros productos metálicos.

16. **Fabricación de maquinaria y equipo:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de maquinaria y equipo para las actividades agropecuarias, la construcción, la industria, el comercio y los servicios; de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial; de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones.

- a)* Fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción y para la industria extractiva.
- b)* Fabricación de maquinaria y equipo para la construcción.
- c)* Fabricación de maquinaria y equipo para las industrias manufactureras, excepto la metalmecánica.

- d)* Fabricación de maquinaria y equipo para el comercio y los servicios.
- e)* Fabricación de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial.
- f)* Fabricación de maquinaria y equipo para la industria metalmecánica.
- g)* Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones.
- h)* Fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general.

**17. Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de computadoras y equipo periférico; equipo de comunicación; equipo de audio y video; componentes electrónicos; instrumentos de medición, control, navegación, equipo médico electrónico, y a la fabricación y reproducción masiva de medios magnéticos y ópticos.

- a)* Fabricación de computadoras y equipo periférico.
- b)* Fabricación de equipo de comunicación.
- c)* Fabricación de equipo de audio y de video.
- d)* Fabricación de componentes electrónicos.
- e)* Fabricación de instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico.

*f)* Fabricación y reproducción de medios magnéticos y ópticos

18. **Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de accesorios de iluminación, aparatos eléctricos de uso doméstico, equipo de generación y distribución de energía eléctrica, y otros equipos y accesorios eléctricos.

*a)* Fabricación de accesorios de iluminación.

*b)* Fabricación de aparatos eléctricos de uso doméstico.

*c)* Fabricación de equipo de generación y distribución de energía eléctrica.

*d)* Fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos

19. **Fabricación de equipo de transporte y partes para vehículos automotores:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de equipo de transporte.

*a)* Fabricación de automóviles y camiones.

*b)* Fabricación de carrocerías y remolques.

*c)* Fabricación de partes para vehículos automotores.

*d)* Fabricación de equipo aeroespacial.

*e)* Fabricación de equipo ferroviario.

*f)* Fabricación de embarcaciones.

*g)* Fabricación de otro equipo de transporte.

20. **Fabricación de muebles, colchones y persianas:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de muebles, colchones, persianas y cortineros.

*a)* Fabricación de muebles.

*b)* Fabricación de muebles de oficina y estantería.

*c)* Fabricación de colchones, persianas y cortineros.

21. **Otras industrias manufactureras:** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de equipo y aparatos no electrónicos para uso médico, dental y para laboratorio, material desechable de uso médico y de artículos oftálmicos y otras manufacturas no clasificadas en otra parte.

*a)* Fabricación de equipo no electrónico y material desechable de uso médico, dental y para laboratorio, y artículos oftálmicos.

*b)* Otras industrias manufactureras

22. **Descripciones insuficientemente especificadas de subgrupo de actividad del sector de Industrias manufactureras**

## Apéndice B

---

### Anexo: Resultados

---

Tabla 9. Modelo Traslog de estadístico STATA.

Stoc. Frontier normal/half-normal model				Number of obs =		75
				Wald chi2(8) =		7675,27
Log likelihood = 79.770569				Prob >chi2 =		0,000
lnY	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95 %	Conf. Interval]
lnL	17.74422	3.58783	4.95	0.000	10.71221	24.77624
lnK	4.491175	3.40342	1.32	0.040	1.16176	7.179408
t	0.167844	0.03530	4.75	0.000	0.0986576	0.237034
lnL2	0.9750536	0.09409	10.36	0.000	0.7906368	1.15947
lnK2	0.1240447	0.04428	2.8	0.005	0.0372586	0.2108308
t2	0.000837	0.00642	0.13	0.000	0.0001876	0.0095786
lnLK	0.1433479	0.03900	3.68	0.000	0.0879548	0.5873237
lnLt	-0.0135656	0.00177	-7.67	0.000	-0.0170309	-0.0101003
lnKt	0.0016513	0.00164	1.01	0.001	-0.0015687	0.00498714
cons	27.8655	8.14367	3.42	0.021	16.42461	54.30634
/lnsig2v	-5.981562	0.892551	-6.7	0.000	-4.232195	-4.232195
/lnsig2u	-4.323363	0.610252	-7.08	0.000	-3.127291	-3.127291
sigma_v	0.0502482	0.022425	0.02		0.120501	0.120501
sigma_u	1.6151314	0.035130	0.06		0.2093714	0.2093714
sigma2	0.0157801	0.006161	0.00		0.0278558	0.0278558
lambda	2.291255	0.056068	2.18		2.401146	2.401146
<b>LR test of sigma_u=0: chibar2 (01) = 2.42 Prob &gt;= chibar2 = 0.050</b>						0,001

Fuente: elaboración propia con base a los cálculos realizados del estadístico STATA.