



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS**

**ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN**

## **“Incrementos en I+D: Un Estudio a Partir de Dos Enfoques”**

**Seminario para optar al título de  
Ingeniero Comercial, Mención Economía**

**Participante:**

**Dan Poniachik Calderón**

**Profesores Guía:**

**Roberto Álvarez Espinoza**

**Claudio Bravo-Ortega**

**Santiago de Chile – Marzo 2012**

## **Resumen**

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar incrementos sostenidos de la inversión en I+D alrededor del mundo, desde 1960 en adelante, utilizando dos enfoques distintos para la investigación. El primero de ellos es una recopilación de metas de I+D autoimpuestas por cada país, encontrándose que esta es una política difícil de cumplir. El segundo enfoque es un estudio empírico en el que se definen eventos de aceleración en la inversión de I+D, se estudia su frecuencia temporal y las variables que determinan y son determinadas por el I+D, mediante un análisis Probit y de estudio de eventos. Por último, ambos enfoques están acompañados por un análisis cualitativo para países destacados, de los cuales es factible extraer propuestas de política.

**La propiedad intelectual de este trabajo es de los profesores que guiaron el seminario y del participante.**

## Índice

<b>Parte I: Introducción &amp; Revisión de la Literatura.....</b>	<b>3</b>
1.1. Introducción.....	3
1.2. Revisión de la Literatura.....	7
<b>Parte II: Estudio de Metas de Investigación &amp; Desarrollo.....</b>	<b>13</b>
2.1. Metas de I+D alrededor del mundo.....	13
2.2. Revisión de países con metas anteriores al 2011.....	13
<b>Parte III: Datos y Metodología de estudio empírico de aceleraciones en I+D.....</b>	<b>27</b>
3.1.1. Descripción de datos utilizados y metodología empírica.....	27
3.2.1. Frecuencia temporal de aceleraciones.....	36
3.3.1. Estudio Probit.....	37
3.4.1. Estudio de Eventos.....	44
<b>Parte IV: Conclusiones.....</b>	<b>49</b>
Bibliografía.....	51
Anexo 1.....	56
Anexo 2.....	57

# Parte I: Introducción & Revisión de la Literatura

## 1.1. Introducción

La importancia de la innovación y su relación con el crecimiento económico ha sido objeto de estudio de numerosos académicos alrededor del mundo, particularmente desde las últimas décadas. No es para menos, ya que en países como los Estados Unidos, la creación de nuevos productos viene creciendo a una tasa cercana al 6% anual<sup>1</sup>.

Uno de los primeros economistas en investigar la relación entre la innovación y el crecimiento fue Joseph Shumpeter, quien en 1942 publica su libro *Capitalismo, Socialismo y Democracia*, donde hace alusión al concepto de “destrucción creativa”, que él mismo describe como un fenómeno esencial del capitalismo. Shumpeter concibe a la innovación como la fuerza que hay detrás del crecimiento económico de largo plazo, pese a que en el camino pueda arruinar a compañías ya establecidas. Una década más tarde Robert Solow<sup>2</sup>, indicaría en un influyente artículo la importancia del cambio tecnológico en el crecimiento económico mientras que Theodore Shultz (1953) y Zvi Griliches (1958) elaboraron estudios pioneros sobre la relación entre productividad e innovación en la agricultura.

Más recientemente, algunos estudios empíricos muestran que cerca de la mitad de las diferencias en ingreso per cápita y crecimiento entre países se explican por diferencias en la Productividad Total de Factores (PTF).<sup>3</sup> A su vez, el cambio tecnológico es la principal fuente del crecimiento de la productividad en el

---

<sup>1</sup> La oficina de patentes de los Estados Unidos, indica que para el 2010, se otorgaron 490,226 nuevas patentes, mientras que para el 2000 fueron 295,926 y en 1990 fueron 164,558. Esto es un crecimiento cercano al 6% anual.

<sup>2</sup> Solow (1957)

<sup>3</sup> Hall y Jones (1999), Dollar y Wolf (1997), Easterly y Levine (2002).

largo plazo, ya que a diferencia del aumento en stock de capital o trabajo, el progreso técnico no tiene rendimientos decrecientes.<sup>4</sup>

Es decir, para un país como Chile, comprender la relación entre la inversión en I+D y el crecimiento económico es fundamental para diseñar políticas públicas correctas que nos acerquen al anhelado desarrollo económico.

Si consideramos que la inversión en I+D tanto en Chile como en los países en desarrollo es muy limitada en comparación a los países de la OCDE, entonces comprender las razones detrás de las aceleraciones en I+D puede resultar esencial para incrementar nuestra inversión en esta materia.

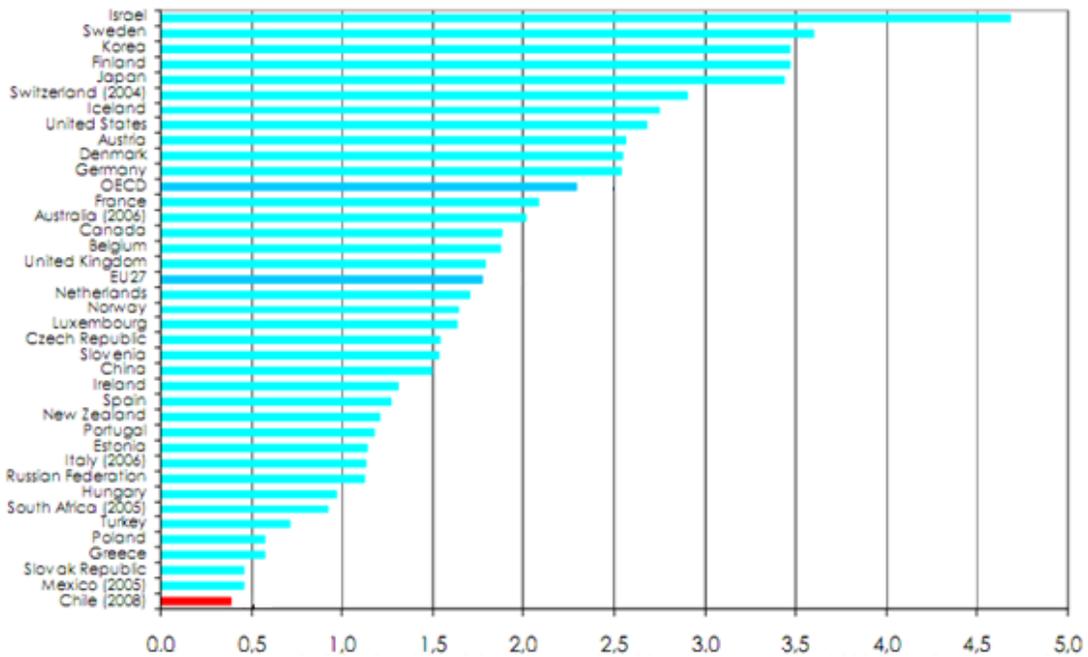
Por ejemplo, de acuerdo a la sexta encuesta de innovación efectuada por el Ministerio de Economía (Gráfico 1), en lo que fue también el primer censo de gasto público en I+D, en el año 2008 en Chile se invirtieron solamente USD 674 millones, lo que corresponde a un 0,4% del PIB. En cambio, el promedio de la OCDE fue casi seis veces mayor para el mismo año, alcanzando un 2.3%. No obstante, los países líderes en esta materia como Israel, Suecia, Corea del Sur, Finlandia o Japón, reportaron todos cifras cercanas o mayores al 3.5% del PIB.

Otra razón relevante para estudiar las aceleraciones en I+D es el bajo aporte de la PTF al crecimiento económico chileno en los últimos años. Vergara (2005) indica que el aporte de la PTF a la tasa de crecimiento económico anual fue en promedio de un 0.3% entre 1996-2004. Fuentes, Larraín & Schmidt-Hebbel (2006) consideran que el aporte fue de un 1.9% entre 1997-2005 y el Comité Consultivo del PIB Tendencial (2010) consideró que el aporte fue incluso negativo, alcanzando un -0.5% entre 1997-2008. Es decir, resulta necesario incrementar el aporte de la PTF y una manera de lograrlo sería vía incrementos en la inversión en I+D.

---

<sup>4</sup> Romer (1986).

**Gráfico 1: Gasto en I+D como porcentaje del PIB en 2007, a excepción que se indique otro año**



Fuente: MSTI, OECD y 6ta Encuesta de Innovación, 3era Encuesta de I+D y 1er Censo de Gasto Público en I+D (Ministerio de Economía, 2009)

El presente estudio busca hacer un análisis de los incrementos en inversión de I+D alrededor del mundo, con el fin de estudiar los países y años en que estas se produjeron. Para lograr este objetivo, son dos los enfoques utilizados. El primero es mediante el estudio de las metas de I+D o “*R&D Targeting*” que se ha popularizado en los últimos años, como una manera de observar países que puedan haber incrementado rápidamente su inversión en esta materia en un breve periodo de tiempo. Sin embargo, este trabajo muestra que pocos países han logrado cumplir sus metas, aunque para varios, el esfuerzo por cumplirlas ha sido resultado valioso. El segundo enfoque consiste en analizar los casos de incrementos de inversión en I+D entre los años 1960-2007, utilizando una metodología que busca replicar el trabajo de Hausmann, R., Pritchett, L., & Rodrik, D. en su artículo titulado *Growth Accelerations (2005)*, encontrando resultados interesantes.

El trabajo se organiza como sigue; en la sección 1.2 se hace una recopilación de estudios académicos que tratan la relación entre I+D y sus retornos económicos, con el fin de conocer la justificación de una mayor inversión en esta área. En la parte 2 se estudian las metas que se han colocado distintos países alrededor del mundo y el esfuerzo que han dedicado a cumplirlas. En la parte 3, se describen los datos y la metodología empleada para identificar como aceleraciones en la inversión de I+D en una muestra de 62 países entre 1960-2007, haciéndose estudios para incrementos de 1 punto, 0.75 y 0.5 en la inversión total de I+D como porcentaje del PIB. Para cada caso se adjunta una breve descripción de las principales políticas relacionadas con el I+D para cada país en los años cercanos al evento. Posteriormente, se efectúa un análisis Probit para aceleraciones de 0.5 y 0.3 de I+D. Finalmente, se hace un estudio de eventos con el fin de estudiar el movimiento de las principales variables relacionadas con el I+D durante los diez años anteriores y posteriores al evento que califique como aceleración. Por último, en la parte 4 se listan las principales conclusiones del presente estudio.

## **1.2. Revisión de la Literatura.**

La presente sección busca estudiar la relación entre I+D y el crecimiento económico, mediante una revisión a las principales conclusiones de la literatura consultada. El objetivo es poder comprender por qué resulta tan relevante estudiar los niveles de I+D de los países y por qué saltos en estos niveles pueden llegar a ser tan determinantes para el crecimiento.

### **1.2.1. Primeras aproximaciones**

Como ha sido adelantado en la introducción, fue Solow en 1957 quien mostró que existe una parte importante del crecimiento económico que no puede ser atribuido a la simple acumulación de factores productivos. Esta parte (hoy llamada *Residuo de Solow*) ha sido atribuida a la innovación tecnológica.

Utilizando otro enfoque, Schultz (1953) y Griliches (1958) publicaron pioneros estudios que comenzaron con el estudio formal de la relación entre la productividad y el I+D. El primero, quien fue maestro del segundo, estudió la variación de la productividad en la agricultura como función de la inversión en investigación. Griliches, posteriormente, formuló un análisis econométrico de la difusión de nueva tecnología en el maíz híbrido.

De ahí en adelante la investigación en esta área ha tenido un rápido desarrollo, particularmente en las últimas dos décadas gracias a Romer (1990) quien modeló una economía con crecimiento tecnológico endógeno, utilizando al I+D como una variable endógena para explicar el origen del cambio tecnológico.

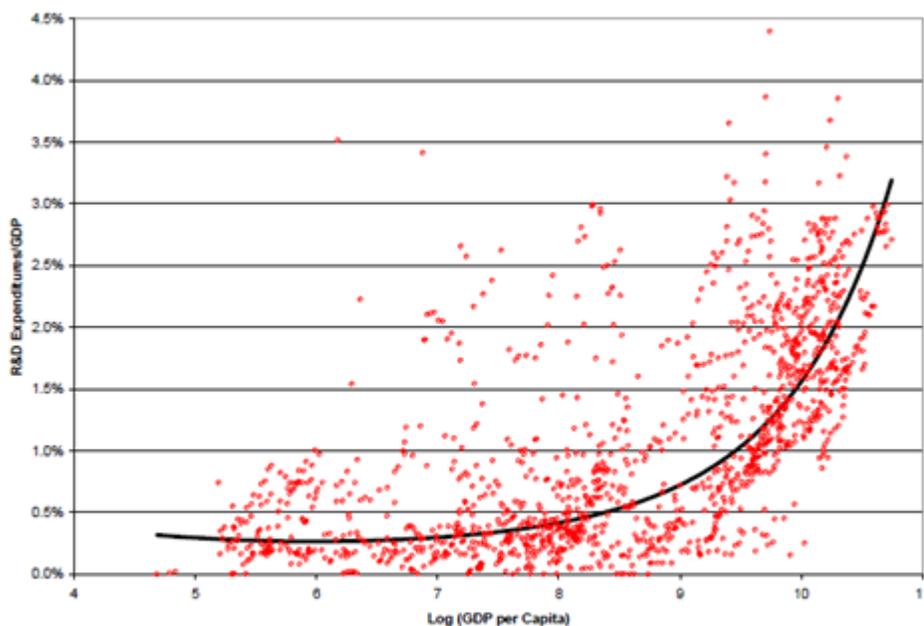
### **1.2.2. Principales resultados de estudios empíricos**

De las principales conclusiones de los trabajos consultados se desprende que existe una clara relación entre el desempeño económico y la inversión en innovación que realicen los países. Por ejemplo, casi la mitad de las diferencias en ingreso entre países se explicarían por diferencias en la PTF de acuerdo a Dollar y Wolf (1997), Hall y Jones (1999) y Easterly y Levine (2002).

En cuanto al retorno del I+D propiamente tal, destacan los trabajos de Coe & Helpman (1995), que fue uno de los primeros en considerar una muestra amplia de países al trabajar con una muestra de 21 países de la OECD entre 1971-1990. Estimaron ecuaciones para explicar la PTF de cada país como función del I+D doméstico y extranjero encontrando que el retorno para la muestra fue de 85%. Mientras que Van Pottelsberghe de la Potterie & Lichtenberg (2001) encontraron retornos de un 68% en los países del G7.

Lederman & Maloney (2003) encuentran diferentes tasas de retorno dependiendo del nivel de ingresos del país. Para un país de la OECD sería de entre 20-40%, para países de ingreso medio como México o Chile, el retorno esperado es de un 60% y para países pobres, el retorno es cercano a un 100%. La correlación entre PIB per cápita e inversión en I+D se puede apreciar a continuación:

**Gráfico 2: Correlación entre PIB per cápita e inversión en I+D**



Fuente: D. Lederman & W. Maloney (2003) "R&D and Development" World Bank Research Paper 3024. Página 26.

Por otro lado, Griliches y Mairesse (1990) comparan el crecimiento de la productividad en industrias manufactureras en Francia y en los Estados Unidos,

encontrando que la contribución del I+D al crecimiento de la productividad es muy similar en ambos países, acercándose al 25%. En tanto que Goto y Suzuki (1989) midieron los retornos en un conjunto de industrias manufactureras japonesas, encontrando un retorno a la inversión cercano al 40%. Incluso, los estudios de Terleckyj (1980) y el de Scherer (1982) han encontrado tasas de retorno aún más altas, acercándose al 100% en una muestra de industrias de los Estados Unidos.

Griffith, Redding y Van Reenan (2004) encontraron que la inversión en investigación y desarrollo es fundamental para explicar la convergencia de la tasa de crecimiento de la PTF entre los distintos países de la OECD y que un aumento de 1% en I+D incrementaría la productividad entre un 0.4-0.9%.

### **1.2.3. Estimaciones para Chile**

En cuanto a estudios que contengan estimaciones con una metodología similar para Chile, destacan los de Bravo-Ortega & García (2011), Benavente, De Gregorio y Núñez (2006) y Benavente (2004).

Bravo-Ortega & García (2011), encuentran mediante estimaciones basadas en I+D per cápita, que la tasa de retorno en países de ingresos altos sería de un 33%, en países de ingreso medio sería de un 63% y para países de bajos ingresos un 86%. También estiman que si se incrementa un 10% la inversión en I+D per cápita, se lograría un aumento de un 1.6% de la PTF, lo que equivale a incrementar la inversión en I+D tan sólo un 6% (por ejemplo, sería pasar de un 1% a un 1.06%). Por último, estiman que si Chile lograra los niveles de la OCDE en esta materia, es decir una inversión de un 2.5%, bajo un escenario conservador y bajo un periodo de 15 años, Chile debiese incrementar su ingreso per cápita en más de un 80%, con una contribución del I+D un 50% mayor que la contribución de la acumulación de capital.

Benavente, De Gregorio y Núñez (2006), utilizando datos de panel correspondientes a empresas innovadoras en Chile entre 1993-2000, con datos obtenidos de la Encuesta de Innovación Tecnológica (EIT) y la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA), encuentran que el retorno privado es cercano al 30%, siendo este casi dos veces mayor al retorno del capital físico, que fue de un 17%.

Por último, Benavente (2004) encuentra que si Chile incrementara su gasto en I+D como porcentaje del PIB en un 10%, se lograría un aumento de un 1.8% en la PTF.

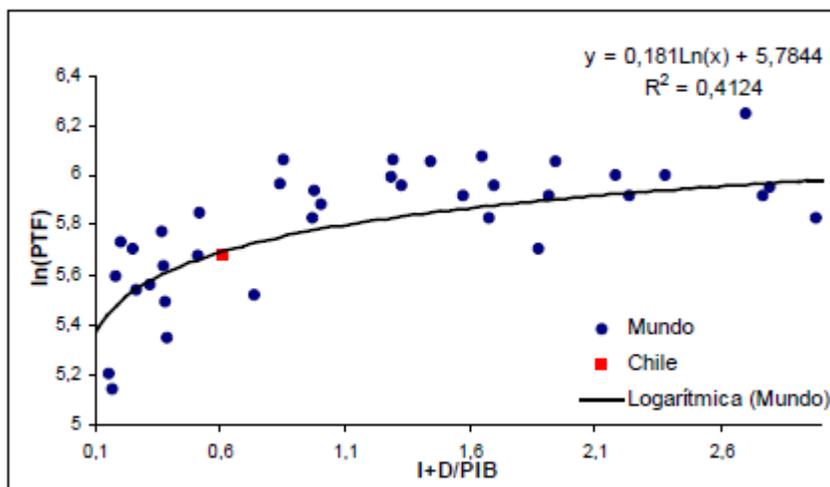
#### **1.2.4. Causalidad entre la PTF e I+D**

Finalmente, si bien en las páginas anteriores ha quedado de manifiesto la importancia de la PTF en explicar el ingreso y crecimiento económico de los países, así como los altos retornos del I+D, aún falta encontrar la naturaleza de la relación entre ambas variables.

En uno de los primeros estudios abocados al tema, Griliches (1995) observó que las actividades de I+D podrían explicar hasta tres cuartos de la tasa de crecimiento de la PTF a nivel de industrias bajo presencia de externalidades, sugiriendo una alta correlación entre ambas variables. Esta relación entre ambas variables puede ser apreciada en el gráfico 3.

Sin embargo, si bien parece evidente la correlación, resulta esencial comprobar la causalidad entre ambas variables. Es en este sentido que nuevos trabajos han explorado esta relación mediante uso de conceptos econométricos como contrastes de causalidad y exogeneidad.

**Gráfico 3: Relación entre PTF e inversión en I+D (1985-2000)**



Fuente: Benavente (2004)

Bravo-Ortega & Marín (2011) mediante un panel de 65 países entre 1965-2005, encuentran que es el I+D per cápita lo que causa un incremento en la productividad y no viceversa, incluso encontrando que un alza de 10% en el I+D per cápita producirá en promedio un alza de un 1.6% de la PTF de largo plazo. De esta manera, el I+D per cápita es fuertemente exógeno a la PTF, mientras que las otras medidas del I+D utilizadas serían débilmente exógenas.

Frantzen (2003) utiliza datos de 22 sectores de manufacturas en 14 países de la OECD entre 1972-1994, encontrando para la mayoría de los sectores que la relación de causalidad va desde el I+D hacia la PTF.

Rouvinen (2002) también encuentra una relación de causalidad a la Granger desde la inversión en I+D a la PTF, pero no viceversa, al estudiar los datos de 14 industrias en 12 países de la OECD entre 1973-1997.

Por último, Fernandez Diez (1999) estudia las relaciones de causalidad en sentido de Granger entre la PTF y el I+D en el sector agrario español, encontrando que los gastos en I+D del sector privado e universitario determinan las variaciones

de la PTF, aunque no sería posible aceptar lo mismo para el I+D del sector público.

De esta manera, la inversión en I+D no sólo sería importante por sus altos retornos si no también por sus efectos positivos en la PTF.

# **Parte II: Estudio de Metas de Investigación & Desarrollo**

## **2.1. Metas de I+D alrededor del mundo**

La política de autoimponerse metas de I+D es relativamente nueva, sin embargo, es cada vez más frecuente que los países la adopten para alinear sus políticas e incrementar sus inversiones en esta materia.

Sería interesante conocer si efectivamente la adopción de metas ha llevado a estos países a cumplir con ellas. Lamentablemente, muchos países tienen metas que a la presente fecha no finalizan su plazo, por lo que aún no es factible medir si han sido cumplidas.

En la tabla 1 se puede apreciar una recopilación de metas alrededor del mundo, ordenadas según año a ser concretadas.

## **2.2. Revisión de países con metas anteriores al 2011**

De la tabla 1, se puede apreciar que han concluido en plazo únicamente México, Túnez, Canadá, Singapur y La Unión Europea. El caso de la Unión Europea es muy interesante, pues si bien tiene una meta como bloque de un 3% (meta renovada para el año 2020) también cada país miembro se colocó una meta propia a partir del año 2005 como parte de un relanzamiento de la estrategia de Lisboa, adoptada en 2002. A continuación un breve análisis de los países que ya han visto terminado el plazo para lograr sus respectivas metas.

**Tabla 1: Metas de I+D alrededor del mundo**

<b>País/Región</b>	<b>I+D como porcentaje del PIB</b>	<b>Año</b>
México	1%	2006
Tunisia	1,25%	2009
Canadá	Top 5 OECD	2010
Singapur	3%	2010
UE	3%	2010*
Korea	5%	2012
Estados Unidos	3%	2012
Qatar	2,80%	2012
Egipto	1%	2012
Sudáfrica	1,50%	2014
Reino Unido	2,50%	2014
Kuwait	1%	2014
Tailandia	2%	2015
Kazajstán	2,50%	2015
China	2,50%	2020
Nigeria	Top 20 Eco. Desarrolladas	2020
Filipinas	2%	2020
Turquía	3%	2023

Fuente: Recopilación del autor basado en UNESCO Science Report (2010), OECD Science Technology and Industry Outlook (2004) y Sheehan & Wyckoff (2003).

### 2.2.1. México

El año 2001 durante el gobierno de Vicente Fox se lanzó el “Programa Especial de Ciencia y Tecnología”. Uno de los objetivos de este programa fue que la inversión en I+D alcanzó un 1% hacia fines del 2006. Incluso, el año 2005 se reformó la Ley General de Educación, en la que se incluyó el artículo 25 que deja por escrito lo anterior. Textualmente: “...al menos el 1% del producto interno bruto (*se debe destinar*) a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en las Instituciones de Educación Superior Públicas...”<sup>5</sup>

Para lograr lo anterior, el programa incluye políticas como entrenar 30.000 nuevos investigadores, elevar la competitividad de las empresas al incentivar que el porcentaje de I+D financiado por el sector privado pasé de un 24% el 2000 a un 40% el 2006, generar una política de Estado en Ciencia y Tecnología que además

<sup>5</sup> Ley General de Educación, publicada en 1993. Contiene reformas. Véase página 11, artículo 25.

descentralice las actividades innovativas, crear una cultura de investigación científica, aumentar los recursos destinados a estas actividades mediante sinergias entre el gobierno central y municipalidades, suscripción de convenios, aprovechar los recursos de agencias internacionales y de fondos de fundaciones filantrópicas, entre otras medidas. Además, el programa contempla hacer una evaluación y seguimiento de este, con el fin de medir el porcentaje de cumplimiento de la estrategia en sus distintas aristas.

Sin embargo, México no ha conseguido cumplir con su meta y todavía el 2010 reportaba un 0.5% del PIB en I+D. el año 2000 esta cifra era de un 0.37%, lo que implica que este gasto esta prácticamente estancado en México. Un reporte de la OECD<sup>6</sup> del 2010 indica que este gasto se ha mantenido bajo principalmente debido a los problemas de gobernabilidad del sistema de innovación, que impiden garantizar una correcta coordinación y eficiencia. También indica que es fundamental mejorar el capital humano, el acceso al financiamiento privado y mejorar la colaboración entre el sector público y privado. También, un informe encargado por la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico a un panel internacional de expertos independientes<sup>7</sup> encontró que se debe incrementar sustancialmente el presupuesto público en esta área, se debe incrementar la colaboración entre el sistema público y las empresas, promover acuerdos de colaboración, formar nuevos recursos humanos en esta área y articular de mejor manera el sistema nacional de ciencia y tecnología, entregando recomendaciones muy similares al estudio de la OECD.

### **2.2.2. Túnez**

En cuanto a Túnez, el país más pequeño del Magreb, que cuenta con una población de 10 millones de habitantes y casi el 40% del territorio está compuesto por el desierto del Sahara, esta haciendo un correcto trabajo en materia de

---

<sup>6</sup> Perspectivas OCDE: México Políticas Clave para un Desarrollo Sostenible, octubre 2010.

<sup>7</sup> Evaluación de la política de I+D e innovación de México (2001-2006), Panel Internacional Independiente, coordinado por Luis Sanz Menéndez.

innovación. Su meta de lograr el 1.25% hacia el 2009 ha sido efectivamente cumplida, logrando exactamente esa cifra el 2009.

De acuerdo a un reporte de la Royal Society<sup>8</sup>, en los últimos años ha logrado una restructuración sustancial de su sistema nacional de I+D al crear 624 unidades de investigación y 139 laboratorios de investigación, de los cuales 72 están específicamente dirigidos hacia las ciencias biológicas, química y biotecnología. Las ciencias biológicas y farmacéuticas son consideradas una máxima prioridad e incluso el gobierno anunció en enero del 2010 que pretende quintuplicar las exportaciones farmacéuticas en un lapso de cinco años, mientras que al menos el 60% de las necesidades en medicinas de la población deberán ser cubiertas con producción local.

En la siguiente figura se puede apreciar las publicaciones científicas por millón de habitantes en el mundo árabe, en 2002 y 2008, donde el color claro indica el progreso efectuado durante el periodo. Es posible así corroborar que Túnez es el segundo país de la lista y que es el que tuvo el mayor incremento entre 2002-2008.

**Gráfico 4:**  
Publicaciones científicas por millón de habitantes en el mundo árabe, en 2002 y 2008



<sup>8</sup> "Knowledge, networks and nations Global scientific collaboration in the 21st century" The Royal Society, (2011)

Abdessalem & El Elj (2011) señalan que existen básicamente cuatro instrumentos para apoyar la innovación y la investigación en Túnez. El primero, llamado Programa de Beneficio a la inversión en I+D, es un subsidio directo a las empresas que presenten un proyecto específico en innovación y requieran cofinanciamiento del Estado. El presupuesto total de este programa son 500.000 euros anuales. El segundo instrumento, el Programa Nacional de Investigación e Innovación, cuenta con la misma cantidad de recursos que el anterior, es también un subsidio directo a empresas que encuentran problemas para financiar sus programas ya en curso al encontrarse con nuevas dificultades. El tercero, llamado Valorización de Resultados de Investigación, está enfocado en investigadores, al intentar ayudarlos en lograr rentabilizar los resultados de sus investigaciones. El cuarto, que cuenta con el mayor presupuesto, de más de un millón de euros anuales, se llama Programa de Investigación Federal y se otorgan únicamente a equipos multidisciplinarios y deben estar en su totalidad financiados por este medio.

A su vez, el país cuenta con dos relevantes iniciativas; la primera es la creación de parques tecnológicos que faciliten el flujo de ideas entre investigadores y la segunda es un proyecto de incubadoras de negocios creadas dentro de universidades e institutos de investigación, permitiéndoles a emprendedores jóvenes recibir el apoyo en conocimientos necesarios para sacar adelante sus proyectos.

### **2.2.3. Canadá**

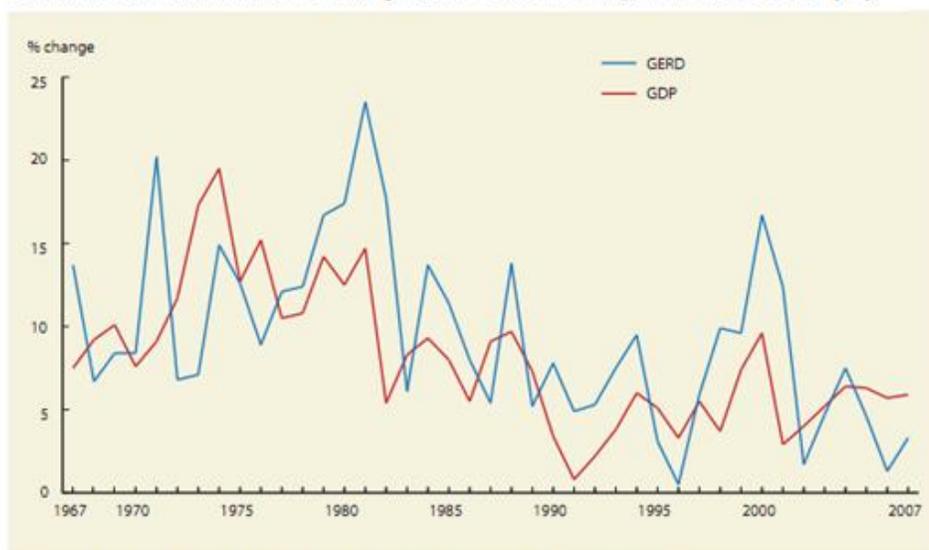
Canadá se fijó a si misma una meta difícil de cumplir, en tanto no es una meta fija si no que en constante movimiento; es decir una meta en términos relativos. Sin embargo, su meta no ha podido ser cumplida e incluso su nivel de gasto en I+D ha bajado levemente en los últimos años. Hoy en día su nivel ha pasado de ser levemente superior al 2% en 2005 a un 1.84% en 2008, siendo este

ligeramente inferior al promedio de la OECD, de 1.9% y bastante menor al promedio del G7 que fue para ese mismo año un 2.2%.

En el gráfico 5 se puede apreciar la variación porcentual del porcentaje destinado a I+D en Canadá hasta el año 2007.

Sin embargo, no todo es tan negativo. De acuerdo a Unesco Science Report (2010) Canadá está dentro del top 5 entre la OECD en términos de investigación en el sector público y en cuanto a gasto en I+D per cápita en educación superior esta segundo a nivel OECD, siendo solo superado por Suecia. Más bien, como deja en claro el mismo reporte, el problema parece ser el sector privado de la economía canadiense, pues el porcentaje que este sector ha destinado a la innovación e investigación ha disminuido un 20% entre el 2001 y 2007, el I+D a nivel de industria es apenas superior al 1%, mientras que el promedio de la OECD es 1.56%. Aún más, el 54% del I+D industrial está concentrado en 19 firmas y las diez más importantes concentran un tercio del total. En cuanto a publicaciones científicas totales, el país ranquea penúltimo en el G-8, sólo delante de Rusia.

**Gráfico 5:**  
**Crecimiento en la razón I+D/PIB y del PIB en Canadá, entre 1967-2007 (%).**



Fuente: Statistics Canada (2009) Industrial Research and Development, 2005 to 2009. Ottawa.

En un reporte publicado el 2011 por el gobierno canadiense<sup>9</sup>, se consideró que no existe una única causa para el débil desempeño nacional. Entre las principales causas destacaron el bajo nivel de innovación del sector privado y la falta de una cultura de innovación en este sector. La Unesco<sup>10</sup> argumenta que también es notoria la falta de una clara agenda nacional para promover el talento en ciencia y tecnología desde etapas tempranas en la población. Este reporte considera como explicación alternativa el número cada vez decreciente de jóvenes que ingresan a estudiar ciencias en las universidades canadienses. Mientras que el 2002 ingresaron casi 46000 nuevos estudiantes en las carreras matemáticas e informáticas, el 2007 lo hicieron sólo 34.242 alumnos. Por lo demás, existe una creciente fuga de cerebros a los Estados Unidos, por mejores condiciones salariales y laborales

Nicholson (2003) considera que la estructura industrial de la economía canadiense, en particular la preponderancia del sector primario, el alto grado en que la propiedad de estas firmas pertenece a extranjeros y el bajo tamaño relativo de estas firmas, son factores que contribuirían notablemente al bajo nivel de I+D mostrado por las empresas canadienses..

Sin embargo lo anterior, no es que falten incentivos públicos a la innovación privada. Según el reporte de la Unesco, Canadá posee elevados montos de apoyo al sector privado en esta materia siendo su presupuesto total 9.9 billones de dólares canadienses en 2009 y existen numerosos programas de apoyo, como subsidios de investigación otorgados por consejos públicos, el programa *Techonology Partnerships Canada* que ofrece prestamos a tasas muy convenientes, ayuda técnica mediante *el Industrial Research Assitance Program* y subsidios directos gracias a Precarn. Tambien existe apoyo indirecto gracias a deducciones de impuestos y soporte a capitales de riesgo; todo esto dentro de un

---

<sup>9</sup> "State of The Nation 2010, Canada's Science Technology and Innovation System". Science, Technology and Innovation Council, Government of Canada (2011)

<sup>10</sup> UNESCO Science Report 2010

muy adecuado y transparente marco institucional y regulatorio, que asegura pleno respeto a los derechos de propiedad.

Finalmente, si bien Canadá se está quedando atrás frente al resto de las economías de la OECD y no ha podido cumplir su meta, las autoridades del país parecen comprometidas a cambiar la situación, de acuerdo al reporte citado. En marzo de 2010, se anunciaron una serie de nuevas medidas en el área, entre las que destacan un programa de becas postdoctorales por un monto de CAN\$ 45 millones, un incremento en los subsidios que suman CAN\$ 32 millones por año, una inversión de CAN\$75 millones al proyecto Genome Canada y un aumento de 135 millones de dólares canadienses al presupuesto del programa de clusters de innovación.

#### **2.2.4. Singapur**

Singapur se propuso la meta de lograr un 3% de I+D como porcentaje del PIB hacia el año 2010, meta que no ha sido lograda. Singapur ha mantenido niveles levemente superiores al 2% desde el 2001, año que logró un 2.11% siendo su cifra más alta un 2.6% el 2008. Sin embargo durante 2009 y 2010 este cifra bajó a 2.3% y 2.14% respectivamente. La principal razón de la baja el 2010 fue el acelerado incremento del PIB de un 13.9% ese año, superando el crecimiento de la inversión en I+D.

El Plan Nacional en Ciencia y Tecnología de Singapur, que se renueva cada 5 años desde 1991 es el encargado del apoyo al I+D en el país. De acuerdo al Plan Nacional publicado en 2006<sup>11</sup>, Singapur cuenta con un ambiente propicio a la innovación, un fuerte apoyo estatal y una cultura de la innovación en el sector privado (responsable de casi el 60% de la inversión total en I+D). Básicamente el I+D del país esta guiado por políticas gubernamentales claras y por un elevado crecimiento de la cantidad de investigadores en el país, pues la cantidad de

---

<sup>11</sup> "Science & Technology 2010 Plan" Ministry of Trade and Industry, Singapore (2006)

científicos e ingenieros ha aumentado un 6.9% cada año. Sin embargo, el país no ha logrado lograr su meta del 2010, lo que no parece ser impedimento para que las autoridades se impusieran en 2011 lograr un 3.5% en 2015<sup>12</sup>.

### **2.2.5. La Unión Europea**

El año 2002, en la llamada Estrategia de Lisboa, la Unión Europea (UE) se colocó el objetivo de destinar un 3% de su PIB (es decir, que el promedio de todos sus miembros sea igual o superior a esta cifra) a actividades de investigación y desarrollo para el 2010. Sin embargo, el año 2005 se relanzó la Estrategia de Lisboa y cada miembro adoptó una meta propia a ser cumplida el 2010, no obstante, el promedio de estas alcanzaron el 2.5% del PIB de la UE por lo que no es de sorprender que la meta común del 3% no haya sido lograda. Es por esta razón que la UE se colocó nuevamente la misma meta para el 2020 y cada uno de sus miembros también se colocó nuevas metas (aunque, si todos los países las cumplen, el promedio sería de casi 2.8%, lo que aún es insuficiente). De todas maneras, de acuerdo a los niveles alcanzados el 2009, únicamente Dinamarca e Irlanda cumplieron sus metas autoimpuestas; Dinamarca se propuso un 3% y logró un 3.02% e Irlanda se propuso un 1.58% y logró un 1.77%, mientras que Portugal, Austria, Finlandia y Alemania han hecho un progreso significativo hacia estas.

En próxima tabla se puede apreciar la meta de cada país miembro para el 2010 y para el 2020, además de su nivel para el 2009, lo que indica más o menos, qué tan cerca está cada uno de ellos de cumplir con su meta. A su vez, para el 2009 el promedio de los 27 países de la unión era de 2.01%.

De la tabla 2, resulta evidente que existen diferencias importantes entre los países de la unión (por ejemplo, 3.93% en Finlandia vs 0.48% en Eslovaquia).

---

<sup>12</sup> "Step 2015: Science, Technology & Enterprise Plan 2015" Agency for Science, Technology and Research, Singapore (2011)

De acuerdo a Innovation Union Competitiveness Report 2011<sup>13</sup>, Si bien la inversión total en I+D en la región creció un 50% entre 1995 y 2008, en este mismo periodo los países asiáticos líderes (Japón, Corea del Sur, Singapur y Taiwán) vieron crecer su I+D en un 75%, mientras que este crecimiento fue de un 855% en China, un 145% en los países BRIS (Brasil, Rusia, India, Sudáfrica) y casi un 100% en el resto del mundo.

**Tabla 2: Metas de I+D en la Unión Europea**

País	Meta 2010 (% del PIB)	Nivel I+D en 2009 (% del PIB)	Meta 2020 (% del PIB)
Bélgica	3,00	1,96	2,60-3,00
Bulgaria	*	0,53	1,50
Rep. Checa	2,06	1,53	2,70
Dinamarca	3,00	3,02	3,00
Alemania	3,00	2,82	3,00
Estonia	1,90	1,42	3,00
Irlanda	1,58	1,77	*
Grecia	1,50	0,58	2,00
España	2,00	1,38	3,00
Francia	3,00	2,21	3,00
Italia	2,50	1,27	1,53
Chipre	1,00	0,46	0,50
Latvia	1,50	0,46	1,50
Lituania	2,00	0,84	1,90
Luxemburgo	3,00	1,68	2,60
Hungría	1,40	1,15	1,80
Malta	0,75	0,55	0,67
Holanda	3,00	1,84	*
Austria	3,00	2,79	3,76
Polonia	0,92	0,68	1,70
Portugal	1,80	1,66	2,70-3,30
Rumania	1,80	0,48	2,00
Eslovenia	3,00	1,86	3,00
Eslovaquia	0,80	0,48	0,90-01,10
Finlandia	4,00	3,93	4,00
Suecia	4,00	3,6	4,00
Reino Unido	2,50	1,87	*

\* países que no informan meta para el año seleccionado

Fuente: Innovation Union Competitiveness Report 2011 y Comisión Europea "Europe 2020 Targets" (2011), disponible en sitio web:

[http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/targets\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/targets_en.pdf)

<sup>13</sup> "Innovation Union Competitiveness Report 2011", Comisión Europea (2011)

Según el mismo reporte, cada país miembro ha tenido ritmos diferentes de crecimiento entre 2000-2009. Portugal y Estonia, que representan casi el 1.5% del PIB de los 27 miembros de la Unión Europea (UE-27), han visto crecer sus intensidades en más de un 100%, mientras que Chipre, Irlanda y España, lo han hecho entre un 50-100%. Hungría, Austria, Lituania, Dinamarca, Eslovenia, Rumania, República Checa, Italia, Finlandia y Alemania, que representan casi el 43% del PIB de EU-27, han tenido incrementos entre un 15-50%. Sin embargo, Malta, Bulgaria, Latvia, Luxemburgo, Reino Unido, Holanda, Francia, Suecia y Polonia, quienes representan cerca del 40% del PIB, han visto crecer sus intensidades en menos de un 15% para este periodo.

Empero los incrementos anteriores, la mayoría de los miembros vio crecer esta cifra con mayor rapidez entre 2006-2009 que entre 2000-2006, lo que indica que las metas individuales colocadas en 2005 podrían haber sido de ayuda.

En la tabla 3 se puede verificar este mayor crecimiento entre 2006-2009, apareciendo en azul si es que el país tuvo un mayor aumento entre 2006-2009 que entre 2000-2006.

Así, es evidente que cada país ha hecho progresos distintos en torno a la meta que se han colocado. El gráfico 6, tomado del Innovation Union Competitiveness Report 2011, revela qué tanto se ha acercado cada país a su meta y cuánto le falta por recorrer al año 2009.

**Tabla 3: Crecimiento anual promedio (%) de la inversión en I+D**

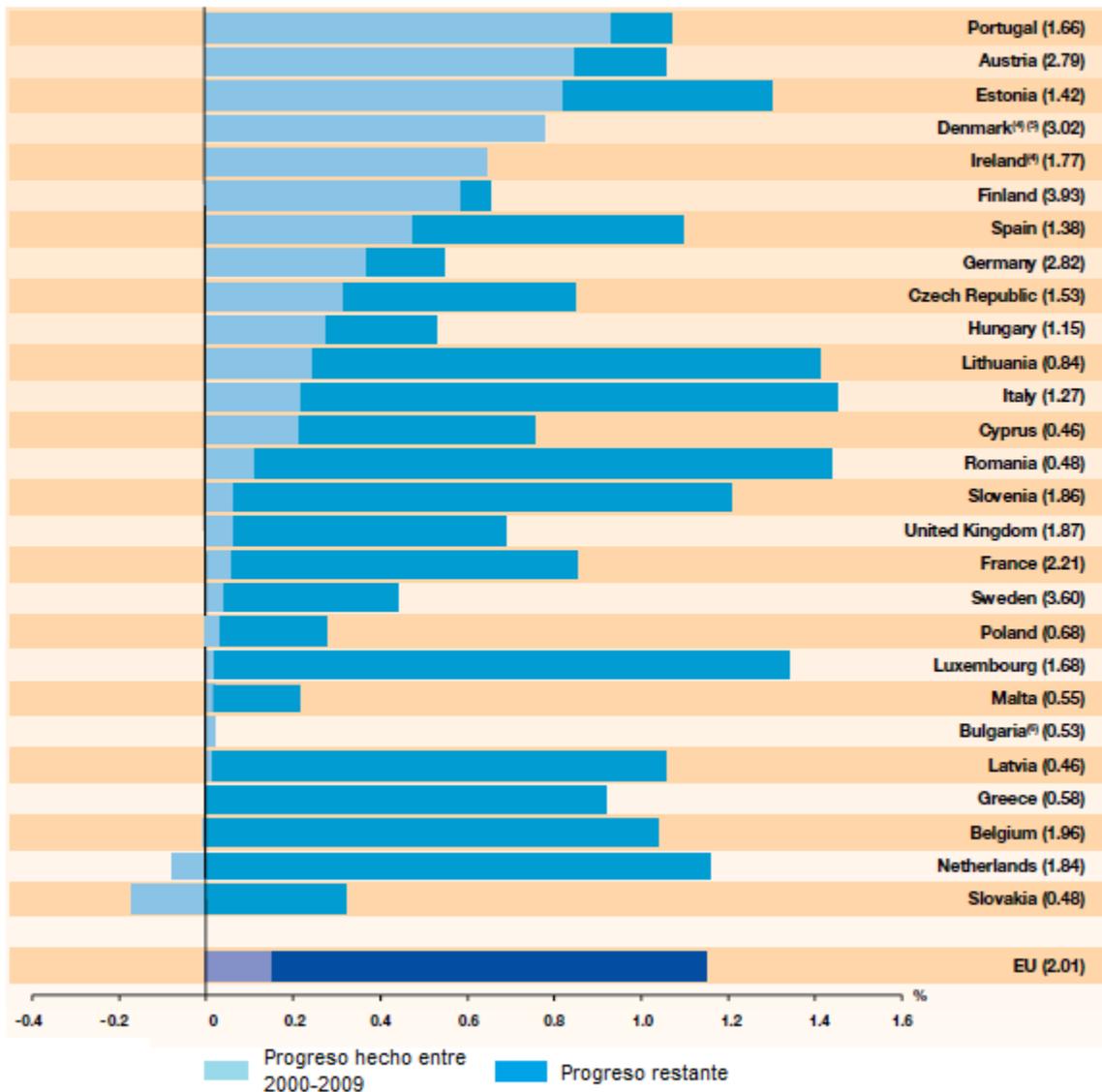
<b>País</b>	<b>2000-2006</b>	<b>2006-2009</b>
Bélgica	0.91	1.74
Bulgaria	-1.73	4.80
Rep. Checa	4.2	-0.48
Dinamarca	1.68	8.84
Alemania	0.48	3.76
Estonia	11.05	8.08
Irlanda	1.85	12.20
Grecia	0.03	-0.17
España	4.77	4.85
Francia	-1.21	1.69
Italia	1.34	3.80
Chipre	9.75	2.65
Latvia	7.97	-13.19
Lituania	5.08	1.70
Luxemburgo	0.07	0.37
Hungría	7.25	4.62
Malta	6.95	-3.20
Holanda	-0.60	-0.72
Austria	4.02	3.22
Polonia	-2.43	6.69
Portugal	5.22	18.81
Rumania	3.68	1.83
Eslovenia	1.95	12.25
Eslovaquia	-4.68	-0.37
Finlandia	0.64	3.12
Suecia	-4.70	-0.76
Reino Unido	-0.63	2.34
UE-27	-0.10	2.78

En azul si hubo un mayor aumento en 2006-2009 que en 2000-2006.

Fuente: Innovation Union Competitiveness Report 2011.

**Gráfico 6:**

**I+D/PIB (%). Progreso entre 2000-2009, en puntos porcentuales, hacia meta de 2010. Entre paréntesis, el nivel de I+D en el 2009 o último año**



Fuente: Innovation Union Competitiveness Report 2011, página 52

Es posible apreciar que Portugal, Austria, Estonia, Dinamarca, Irlanda y Finlandia son los países que más progreso han hecho para lograr cumplir con sus respectivas metas, particularmente destacando los dos primeros.

En cuanto a Portugal, de acuerdo a un estudio efectuado por Pro-Inno Europe<sup>14</sup>, ha desarrollado una importante red de I+D que pertenecen a universidades públicas así como también existen algunas instituciones privadas. Existen 384 centros de investigación en universidades públicas y 41 en instituciones privadas. A su vez, existen numerosos parques científicos, como Taguspark en la provincia de Oeiras o el parque Biocant, en Cantanhede. Desde 1993 existe la Agencia de Innovación, al alero del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Educación superior en conjunto con el Ministerio de Economía. Esta tiene por fin facilitar la cooperación entre la investigación y la industria. Otro actor relevante es la Fundación para la Ciencia y la Tecnología que es parte del Ministerio de Educación y Ciencia, que trabaja en evaluar y financiar proyectos científicos.

Acerca de Austria, según un informe del Ministerio de Ciencia e investigación<sup>15</sup> el 47% de su incremento en I+D se debe al sector privado mientras que el 48% de incremento corresponde al Gobierno. El 5% restante proviene de inversionistas extranjeros. Por lo demás, desde 1993 Austria ha venido sostenidamente incrementando sus inversiones en I+D y la innovación se ha convertido en una prioridad compartida por todos los sectores políticos y los incentivos tributarios se han expandido notoriamente; en 2007 casi la mitad del total del apoyo gubernamental al I+D privado provino de esta manera.

---

<sup>14</sup> Pro-Inno Europe, "Innovation Policy Progress Report Portugal" (2009)

<sup>15</sup> "Austrian Research and Technology Report 2011" Ministerio Federal de Ciencia e investigación de Austria (2011)

## Parte III: Datos y Metodología de estudio empírico de aceleraciones en I+D

### 3.1.1. Descripción de datos utilizados y metodología empírica

Todas las variables utilizadas están en bases de datos de libre acceso en internet. Han sido obtenidas del sitio web del Banco Mundial a excepción del índice de respeto de los derechos de propiedad y el I+D. En cuanto al índice de respeto de los derechos de propiedad, se ha utilizado la base de datos de Gwartney, J., Hall, J., & Lawson, R.,(2011). El índice consultado de la base es “*Legal System & Property Rights*”<sup>16</sup> que contiene información entre 1970-2007, aunque entre 1970-2000 entrega información cada 5 años (anual entre 2000-2007), por lo que en los años sin información se ha colocado la información correspondiente al año más cercano.

La información acerca del I+D como porcentaje del PIB ha sido conformada al complementar la base de datos de Daniel Lederman y Laura Sáenz (2003), que contiene datos entre 1960-2000 y la base del Banco Mundial; de esta manera, se tienen datos para el I+D entre 1960 al 2007.

Se cuenta con información para 62 países, entre 1960-2007, para una serie de variables (ver sección 3.3.1). Estos países se resumen en la tabla 4.

---

<sup>16</sup> La base califica entre 1-10 (1, mínimo; 10, máximo) incluyendo decimales. Para el presente trabajo la base ha sido re escalada de 10 a 100 (es decir, se multiplicó la base original por 10, dejando solamente el primer decimal)

**Tabla 4: Países presentes en la base de datos**

Norteamérica	Latinoamérica	Europa	Asia	Africa	Oceania	Medio Oriente
Canadá	Argentina	Austria	China	Madagascar	Australia	Chipre
Estados Unidos	Brasil	Belgica	India	Rep. de Mauricio	Nueva Zelanda	Egipto
	Chile	Suiza	India	Nigeria		Israel
	Colombia	Rep. Checa	Indonesia	Uganda		Jordania
	Costa Rica	Alemania	Japón	Sudafrica		Turquia
	Ecuador	Dinamarca	Corea			
	Guatemala	España	Kazajstán			
	México	Estonia	Sri Lanka			
	Panamá	Finlandia	Pakistán			
	Perú	Francia	Filipinas			
	El Salvador	Reino Unido	Singapur			
	Uruguay	Grecia	Tailandia			
	Venezuela	Croacia				
		Hungría				
		Irlanda				
		Italia				
		Lituania				
		Latvia				
		Noruega				
		Portugal				
		Rusia				
		Eslovenia				
		Eslovaquia				
		Suecia				

La metodología usada para estudiar periodos de incrementos sostenidos (*aceleraciones* en adelante) está basada en el paper de Hausmann, R., Pritchett, L., & Rodrik, D. “*Growth Accelerations*” (2004). Se construyeron medias móviles del I+D como razón del PIB para los 5 años anteriores y para los 5 años posteriores (a cada año particular) para luego restar ambas variables. Dependiendo de la magnitud de estas diferencias, existen tres categorías diferentes:

- i. Si la diferencia es mayor a 1.0; aceleración de nivel alto
- ii. Si la diferencia es mayor a 0.75; aceleración de nivel medio-alto
- iii. Si la diferencia es mayor a 0.50; aceleración de nivel medio

A su vez, se considera como una aceleración solamente el primer año en que la diferencia entre estas variables es igual o mayor al nivel determinado. En caso

que el I+D mantenga una trayectoria al alza durante el tiempo, califica como un nuevo evento de aceleración si al sexto año mantiene el nivel de diferencia entre estas variables requerido.

Utilizando la metodología expuesta, en las próximas tres secciones se estudian los países en que han ocurrido estos eventos y en la sección 3.2.1. su frecuencia temporal. Luego, en la sección 3.3.1. se efectúa una regresión probit para determinar las variables que afectan las posibilidades de lograr una aceleración de 0.5 y de 0.3. En la sección 3.4.1. se confecciona un estudio de eventos para estudiar el movimiento que han tenido variables que son tanto determinantes como *determinadas* del/por el I+D, para países que han tenido una aceleración de 0.5.

### 3.1.2. Países con aceleraciones de nivel alto (mayor a 1.0)

El único país que ha tenido aceleraciones de esta magnitud en su inversión de I+D es Israel. El primero de estos saltos fue en 1976 y el segundo en 1996.

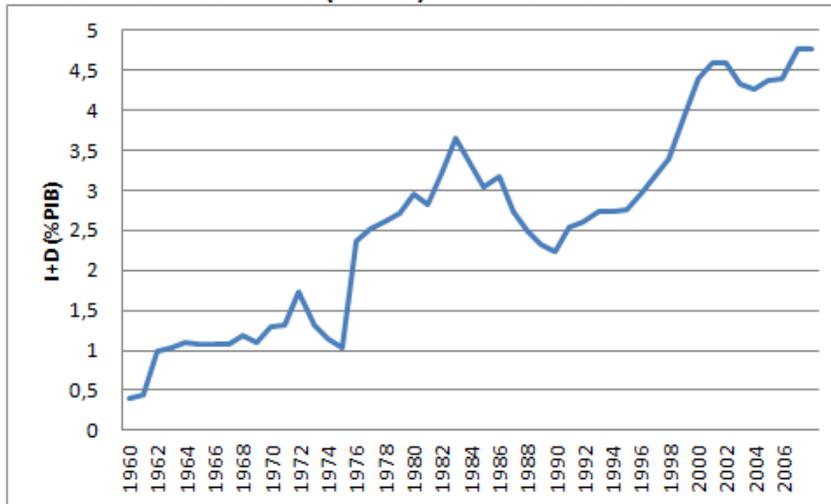
La trayectoria de I+D como porcentaje del PIB para Israel se puede apreciar en el gráfico 7.

En la siguiente tabla se pueden apreciar ambos eventos que califican como aceleraciones rápidas:

País	Año	Media Móvil <i>forward</i> 5 años (I+D, % PIB)	Media Móvil <i>lagged</i> 5 años (I+D, % PIB)	Diferencia
Israel	1976	2,57	1,48	1,09
	1996	3,73	2,72	1,01

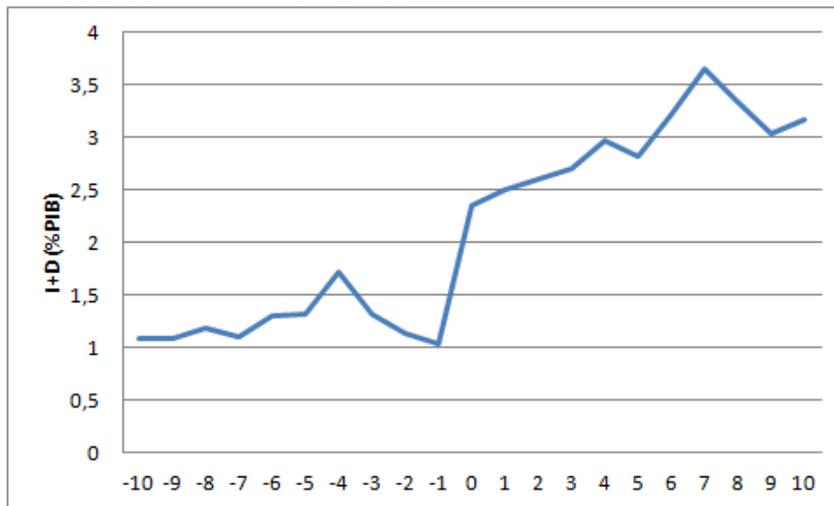
Para mayor claridad de los eventos en si, es factible graficarlos ambos en donde  $t_0=1976$  en el primer gráfico y  $t_0=1996$  en el segundo, lo que se puede apreciar en los gráficos 8 y 9.

**Gráfico 7: Evolución I+D (% PIB) Israel 1960-2007**



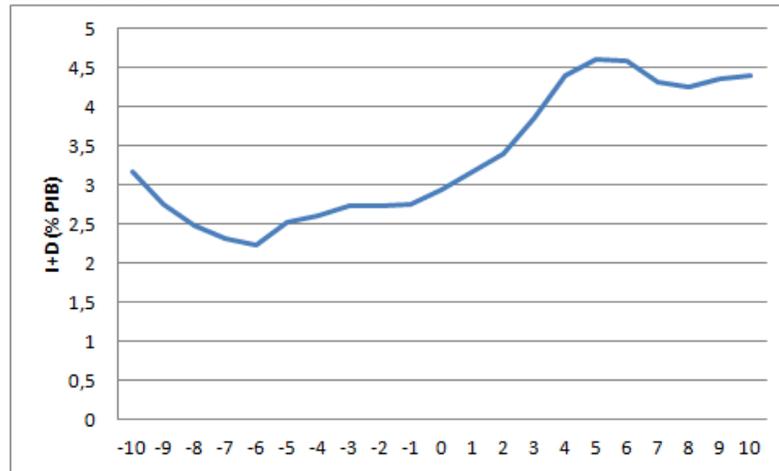
Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

**Gráfico 8: Aceleración en 1976**



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

**Gráfico 9: Aceleración en 1996**



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

De acuerdo a Trajtenberg (2000), las principales características de la política industrial de Israel desde fines de los 60s hasta mediados de los 70s ha sido marcada por la creación en 1968 de la Oficina del Científico Jefe dependiente del Ministerio de Industria y Comercio, con el claro fin de subvencionar las actividades en I+D del sector privado. Las prioridades fueron el sector académico, agricultura y defensa. De hecho, entre 1969-1987 el gasto en I+D del sector industrial creció un 14% anual y las exportaciones de alta tecnología crecieron de 422 millones de dólares a 3316 millones. También, en 1974 se estableció en Israel el primer centro internacional de Investigación y Desarrollo de la compañía informática Intel. En 1977, se creó la fundación BIRD encargada de financiar el desarrollo de productos tecnológicos entre compañías israelíes y norteamericanas. Esta fundación puede financiar hasta un 50% de los gastos en I+D, los cuales solo deben ser repagados si es que efectivamente se generan ingresos por ventas debido al desarrollo del producto, de esta manera reduciendo la incertidumbre propia de desarrollar nuevos productos.

Isenberg (2011) señala que hay tres factores destacados relacionados al I+D en Israel entre fines de los 80s y mediados de los 90s. El primero fue la aprobación en 1985 de la ley de fomento al I+D industrial. Esta ley tiene por objetivo desarrollar al alero de la Oficina del Científico Jefe industrias de productos con desarrollo científico orientadas a la exportación. Esta ley obliga al desarrollo

de un programa de incentivos financieros, en que se financia hasta un 66% del costo desarrollo de productos (66% para start-ups, 50% para empresas establecidas), además se cuenta con un amplio programa de incubadoras de ideas y de colaboración internacional en I+D. Los otros dos hitos relevantes fueron la cancelación en 1987 del megaproyecto de la avión de combate Lavi, que inundó el mercado de científicos talentosos en busca de generar sus propios start-ups y la fuerte inmigración de ciudadanos rusos a comienzos de los 90s, que proveyó al país de una importante fuente de mano de obra calificada.

### 3.1.3. Países con aceleraciones de nivel medio/alto (mayor a 0.75)

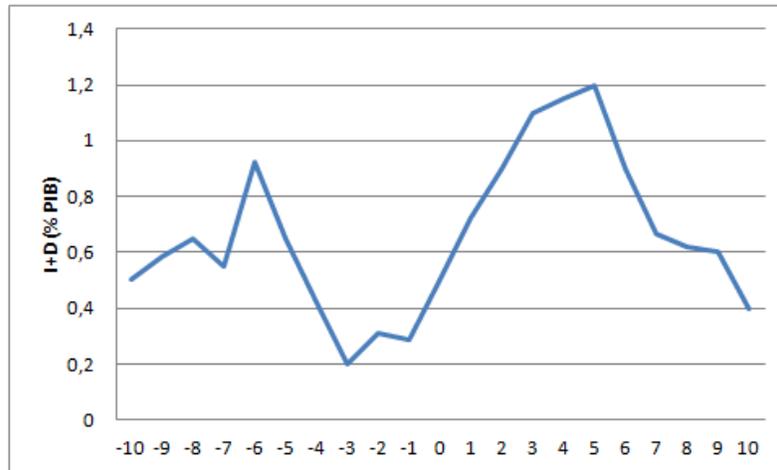
Solamente Argentina (1971), Israel (1975 y 1995), Corea (1984), y Suecia (1980 y 1996) son los países que han tenido una aceleración de este tipo.

Tabla 5

País	Año	Media Móvil <i>forward</i> 5 años (I+D, % PIB)	Media Móvil <i>lagged</i> 5 años (I+D, % PIB)	Diferencia
Argentina	1971	1,01	0,24	0,77
Corea	1984	1,58	0,78	0,8
Israel	1975	2,12	1,3	0,82
Israel	1995	3,42	2,6	0,82
Suecia	1980	2,51	1,73	0,78
Suecia	1996	3,9	3,13	0,77

Argentina, vio crecer su gasto en I+D a buen ritmo durante los 60s, pasando de 0.5% a principios de esta década a un 1.2% a mediados de los 70s. Vaccarezza (2012) indica que entre 1958-1975 se llevó a cabo una política de incentivo a la industria pesada en Argentina basada en las ideas del desarrollismo y en las políticas de sustitución de importaciones iniciadas en el gobierno de Arturo Frondizi (1958-1962), que impulsó un programa nacional de desarrollo creando las industrias petroquímica, metalúrgica y automotriz, entre otras.

**Gráfico 10: Aceleración en 1971**



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

En cuanto a Corea, de acuerdo a Kim (1997) este país asiático viene desarrollando una activa política de apoyo al I+D desde 1961, desde el gobierno de Park Chung Hee (1961-1979), quien emprendió un intenso plan de industrialización de sectores estratégicos. Se protegió a la industria local con una serie de trabas arancelarias y otras no arancelarias, permitiéndole a las industrias nacionales un lugar de privilegio en el mercado local. A partir de la década de los 80s y con el progresivo fortalecimiento de la industria local, se comienza a liberalizar la economía hasta casi desaparecer las barreras al comercio. De acuerdo a la metodología empleada, Corea vivió una aceleración en 1984. Lee (2000) señala que entre fines de la década del 70 y principios de los 80s, la economía coreana estaba pasando desde una fase de imitación de la tecnología extranjera a una de internacionalización, es decir desde una fase en que netamente se imitaban los desarrollos del extranjero se pasó a desarrollar productos nacionales iguales o mejores a los extranjeros, comenzando a producir productos de la tecnología más avanzada.

A partir de 1980 gracias a un nuevo levantamiento militar que trajo al general Chun Doo-hwan al poder, se introdujeron créditos tributarios a los gastos en capacitación de capital humano y los créditos de apoyo al sector tecnológico se incrementaron fuertemente. En 1982 se creó el Programa Nacional de Investigación y Desarrollo y ese mismo año se aprobó una

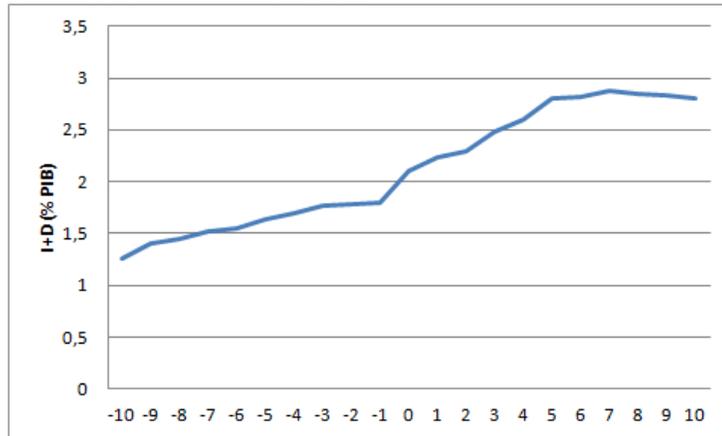
reducción impositiva a los start-ups tecnológicos. También, se estableció una ciudad de la ciencia llamada Daedeok en 1983.

Por último, Suecia de acuerdo a la metodología usada tuvo dos aceleraciones, en 1980 y después en 1996. De acuerdo a Persson (2008), a finales de los 60s y principios de los 70s, el gobierno socialdemócrata de la época decide embarcarse en un proyecto de apoyo gubernamental al desarrollo tecnológico e innovación que entre otros, creó el Ministerio de la Industria, el Banco de Inversiones Sueco y la Junta Sueca para el Desarrollo Tecnológico (STU). En los años posteriores se desarrollaron una serie de iniciativas como los fondos regionales de desarrollo (que se juntaron en una sola entidad, ALMI, en los 90s), apoyo a PYMEs y préstamos estatales a compañías en etapas iniciales.

Posteriormente, desde finales de los 80s el país da un giro desde una política más centrada en un rol activo del Estado a una mayor liberalización de la economía, siguiendo nuevamente a Persson (2008). Sin embargo, el gobierno nunca dejó de lado una política de apoyo al I+D. En 1991 la Junta Sueca para el Desarrollo Tecnológico (STU) se fusionó con la Agencia para el Desarrollo Industrial (Industriverket) y la Agencia de Energía, creando la Junta Nacional Sueca de Desarrollo Industrial y Técnico (NUTEK) que se orientó en apoyar la investigación en ciencias básicas. Entre 1993-1994 se crearon numerosas fundaciones con el fin de financiar los proyectos de investigación y mejorar la colaboración entre universidades y el sector privado, como la Fundación Sueca para la Investigación Estratégica (SSF) y la Fundación para el Conocimiento y la Competencia (KKS) y en 1994 Suecia adhirió al Mercado Común Europeo.

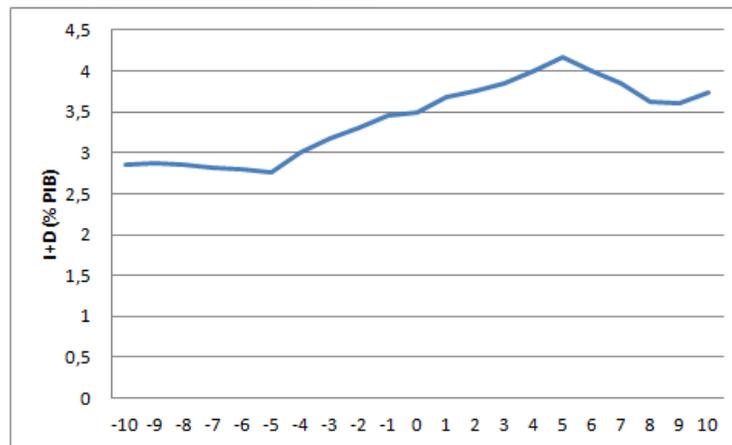
Gráficamente, considerando  $t_0=1980$  y luego  $t_0=1996$ , ambas aceleraciones se ven de la siguiente manera:

**Gráfico 11: Aceleración en 1980**



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

**Gráfico 12: Aceleración en 1996**



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

#### **3.1.4. Países con aceleraciones de nivel medio (mayor a 0.50)**

Existen sólo once países alrededor del mundo que han logrado una aceleración de esta magnitud.

En la siguiente tabla resumen, se puede apreciar los distintos países y años en que han ocurrido estos eventos:

**Tabla 6: Resumen de aceleraciones de 0.5**

País	Año	Media Móvil <i>forward</i> 5 años (I+D, % PIB)	Media Móvil <i>lagged</i> 5 años (I+D, % PIB)	Diferencia
Argentina	1972	1,01	0,4	0,61
Austria	1977	0,95	0,45	0,5
Austria	2000	2,13	1,6	0,53
Corea	1981	1,1	0,56	0,54
Corea	1992	2,42	1,91	0,51
Dinamarca	2000	2,48	1,89	0,59
Finlandia	1982	1,57	1,04	0,53
Finlandia	1993	2,52	1,99	0,53
Finlandia	1999	3,36	2,69	0,67
Hungría	1969	2,35	1,82	0,53
Israel	1974	1,93	1,31	0,62
Israel	1994	3,15	2,53	0,62
Israel	2001	4,42	3,73	0,69
Pakistán	1980	0,86	0,19	0,67
Singapur	1985	0,91	0,4	0,51
Singapur	1995	1,61	1,08	0,53
Suecia	1978	2,17	1,64	0,53
Suecia	1992	3,43	2,82	0,61
Suecia	1998	3,95	3,43	0,52
Suiza	1984	2,77	2,2	0,57

Si bien entre estos países existe una cierta concentración de países escandinavos (Dinamarca, Finlandia y Suecia) y del sudeste asiático (Singapur, Corea y Pakistán), también hay presencia de la Europa continental con Austria y Hungría, de un país latinoamericano gracias a Argentina y de un país del oriente medio; Israel.

### 3.2.1. Frecuencia temporal de aceleraciones de 0.5

En el gráfico 13 se pueden apreciar los años y cantidad de eventos que han ocurrido. Es factible observar la baja frecuencia de estos eventos en el tiempo, dándose la mayor frecuencia entre 1990-2000 siendo de 9 eventos.

Tanto en 1992 como en el 2000 hubo la mayor frecuencia: en dos países distintos. Por lo demás, la década de los 90s fue la más productiva en esta materia, contabilizándose siete eventos en total. Estas cifras confirman la relativa baja frecuencia de saltos en la inversión en I+D a través del tiempo.

**Gráfico 13: Frecuencia Temporal Aceleraciones Nivel Medio**



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

### 3.3.1. Estudio Probit

En el presente apartado se buscan estudiar de qué manera impactan variaciones en las variables determinantes de I+D en las posibilidades de lograr una aceleración de 0.5 y de 0.3 (obteniendo resultados más completos en este último caso). Para esto, se usaron las siguientes variables como determinantes del I+D:

- **PIB per cápita.** Guellec & Van Pottelsberghe (2000), Lederman & Maloney (2003) y Falk (2006) consideran esta variable como determinante. Los dos primeros encuentran efectos positivos mientras que el tercero no encuentra relación.
- **Crédito Doméstico a Privados (% PIB).** Bebczuk (2006) y Lederman & Maloney (2003) encuentran resultados positivos.
- **Protección a los Derechos de Propiedad.** Disponible entre 1970-2007, cada 5 años entre 1970-2000 y anualmente después. Se ha tomado el valor del año con información más cercano para los años sin

información. Bebczuk (2002) y Lederman & Maloney (2003) encuentran resultados positivos mientras que Falk (2006) no encuentra relación significativa.

- **Capital Humano.** Es medido como la tasa de enrolamiento bruta en la educación terciaria. Bebczuk (2002) y Falk (2006) no encuentran relación significativa.
- **Inversión Extranjera Directa (% PIB).** Bebczuk (2002) encuentra una relación neutral o levemente positiva.
- **Apertura (Exportaciones más Importaciones, % PIB).** Bebczuk (2002) encuentra una relación negativa, mientras que Falk (2006) no encuentra relación significativa.
- **Tasa de Interés Real.** Es considerada determinante del I+D de acuerdo a Jaumotte, F. & Pain, N. (2005).
- **Tasa de Inflación.** Es considerada determinante del I+D de acuerdo a Jaumotte, F. & Pain, N. (2005), ya que está relacionada con un ambiente macroeconómico estable.
- **Gasto del Gobierno (% PIB).** Lederman & Maloney (2003) consideran como determinante del I+D la capacidad del gobierno de movilizar recursos en la economía. El gasto del gobierno como porcentaje del PIB tiene cierto grado de relación con la variable sugerida por Lederman & Maloney.

Variables sin respaldo académico:

- **Fuerza Laboral Total.** Países con mayor población tienen una mayor demanda interna, lo que incentivaría la creación de productos innovadores.

- **Gasto Público en Educación (% PIB).** No solamente influye en la formación de capital humano, si no que también un mayor gasto público en educación, como porcentaje del PIB, puede demostrar la importancia relativa de la sociedad a el conocimiento.
- **Términos de Intercambio (2000=100).** Valores superiores a 100 incentivan las exportaciones y como tal, puede ser un incentivo a la creación de productos innovadores en la economía doméstica.

Es relevante mencionar que la literatura también sugiere otras variables como determinantes del I+D que no han sido consideradas por el presente estudio<sup>17</sup>. Estas son: la Intensidad del I+D Rezagada (Lederman & Maloney (2003), Guellec & Van Pottelsberghe (2000) y Falk (2006)), Subsidios al I+D (Falk (2006), Guellec & Van Pottelsberghe (2000)), La calidad de las Instituciones de Investigación (Lederman & Maloney (2003)), Las exportaciones tecnológicas (Bebczuk (2002) y Falk (2006)) y la Inversión en Capital (Bebczuk (2002) y Lederman & Maloney (2003)) y el Porcentaje de Científicos en la Población (Jaumotte, F. & Pain, N. (2005)).

### 3.3.2. Valores Medios de las Variables

Los valores medios y sus errores estándar para toda la muestra, se resumen en la tabla 7 a continuación.

---

<sup>17</sup> Una tabla resumen puede ser encontrada en Falk (2006).

**Tabla 7: Valores Medios de las Variables Utilizadas**

	<b>Media</b>	<b>Err. Estándar</b>
Gasto público Educación	4,7	0,69
Términos de Intercambio	102,11	0,984
Ln Fuerza Laboral	15,98	0,084
IED (% PIB)	3,85	0,261
Apertura	76,14	2,07
Derechos de Propiedad	65,76	0,971
Crédito a Privados (% PIB)	73,64	2,73
Ln PIB per cápita	8,95	0,07
Tasa Interés Real	6,26	0,5
Grado enrol. Educ. Terciaria	45,17	1,19
Inflación	5,38	0,49
Gasto del Gobierno (% PIB)	16,41	0,25

### **3.3.3. Análisis Probit I**

En un primer análisis probit, se analiza cómo variaciones en las variables afectan las probabilidades de que un determinado país logre una aceleración de 0.5. (Tabla 8)

Se puede apreciar que el gasto público en educación es significativo al 1% y 5% en la mayor parte de las regresiones, teniendo un efecto positivo. Las variables que al incrementarse generan un efecto positivo en la posibilidad de tener una aceleración de 0.5 son; los términos de intercambio, la inversión extranjera directa, el índice de derechos de propiedad y el gasto del gobierno. Las demás variables disminuyen levemente la posibilidad de lograr una aceleración al incrementarse.

**Tabla 8: Análisis Probit I**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Gasto público Educación (% PIB)	0,0083 (0,003)***	0,0082 (0,003)***	0,0082 (0,003)***	0,009 (0,003)**	0,009 (0,003)**	0,009 (0,003)***	0,007 (0,04)***	0,006 (0,04)***	0,004 (0,04)***	0,002 (0,003)
Términos de Intercambio	0,00017 (0,0001)	0,00017 (0,0001)	0,00017 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0003 (0,0001)	0,00008 (0,0001)	0,00008 (0,0001)
Apertura	0,00008 (0,00008)	0,00007 (0,00008)	0,00007 (0,00009)	0,00008 (0,00009)	0,00008 (0,00009)	0,00007 (0,00009)	0,00007 (0,00009)	-0,0001 (0,0001)	-0,0001 (0,0001)	-0,0001 (0,0004)
IED (% PIB)		0,0007 (0,0007)	0,0002 (0,0007)	0,0002 (0,0007)	0,0002 (0,0006)	0,0003 (0,0006)	0,0003 (0,0006)	0,0004 (0,0004)	0,0003 (0,0004)	0,0002 (0,002)
Ln (Fuerza Laboral)			0,00002 (0,0004)	0,0002 (0,0004)	0,0007 (0,0004)	0,0007 (0,002)	0,0003 (0,002)	-0,002 (0,002)	-0,002 (0,002)	-0,0014 (0,00004)
Derechos de Propiedad				-0,0001 (0,0002)	-0,00002 (0,0002)	-0,00002 (0,0002)	0,00015 (0,0002)	0,0007 (0,0002)	0,0001 (0,0002)	0,000003 (0,0003)
Crédito a Privados (% PIB)					-0,0001 (0,0001)	-0,00009 (0,0001)	-0,00004 (0,0001)	-0,00004 (0,0001)	-0,00004 (0,0001)	-0,00003 (0,0002)
Ln (PIB per cápita)						-0,006 (0,005)	-0,002 (0,005)	-0,002 (0,004)	-0,0012 (0,004)	-0,0015 (0,0001)
Tasa Interés Real							0,0001 (0,0002)	0,0002 (0,0002)	-0,00005 (0,0002)	-0,0001 (0,0005)
Grado enrol. Educ. Terciana								0,00004 (0,0001)	-0,00003 (0,0001)	-0,00002 (0,0001)
Inflación									-0,0005 (0,0006)	-0,0004 (0,0005)
Gasto del Gobierno (% PIB)										0,0005 (0,0006)
Observaciones	521	521	521	521	521	521	447	393	379	377
Pseudo R2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,16	0,26	0,29	0,31	0,33

Fuente: Estimaciones del Autor

Nota: Los coeficientes son las probabilidades marginales evaluadas en la media. Las regresiones incluyen una constante, la cual no ha sido reportada. Errores estándar entre paréntesis.

\* significativo al 10%, \*\* significativo al 5%, \*\*\* significativo al 1%

### 3.3.4. Análisis Probit II

Al relajar la condición de aceleración de 0.5 a 0.3, se obtienen conclusiones mucho más interesantes.

En primer lugar, en parte de las regresiones realizadas, resultan significativas sobre el 90% de confianza las variables gasto público en educación, términos de intercambio, apertura, logaritmo natural de la fuerza laboral, el índice de protección a los derechos de propiedad, el logaritmo natural del PIB per cápita y el gasto total del gobierno como porcentaje del PIB.

Utilizando la regresión (10) es factible decir que un incremento de un punto porcentual del gasto público en educación como porcentaje del PIB incrementará en 1.8 puntos porcentuales la probabilidad de lograr una aceleración de 0.3. Si los términos de intercambio aumentan en uno la probabilidad cae en 0.2 puntos porcentuales. El efecto de una mayor apertura comercial, sin embargo, es ambiguo. Un crecimiento en un 1% de la fuerza laboral incrementa en 0.7 puntos porcentuales la probabilidad de lograr la aceleración. En cuanto al índice de protección de los derechos de propiedad, un incremento de 10 puntos, generará un alza en la probabilidad de 2 puntos porcentuales. Un alza de un 1% en el PIB per cápita, hará caer en 4 puntos porcentuales la posibilidad de lograr una aceleración. En último lugar, un incremento en 1 punto porcentual del gasto total del gobierno como porcentaje del PIB, aumenta en 0.5 puntos porcentuales la probabilidad de alcanzar una aceleración.

En cuanto a las demás variables estudiadas, alzas en la IED parecieran producir leves disminuciones en la posibilidad de generar una aceleración. Contrariamente a lo esperado, alzas en la tasa de interés y en el crédito doméstico a privados disminuyen la probabilidad y alzas en la tasa de inflación la incrementan. Finalmente, el grado de participación en la educación terciaria aumentaría ligeramente la posibilidad de lograr una aceleración; aunque cabe mencionar, que ninguna de estas variables resultan significativas.

**Tabla 9: Análisis Probit II**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Gasto público Educación (% PIB)	0,022 (0,006)***	0,023 (0,006)***	0,028 (0,006)***	0,0158 (0,0085)*	0,017 (0,008)**	0,021 (0,009)**	0,021 (0,009)**	0,028 (0,009)***	0,03 (0,011)***	0,018 (0,013)
Términos de Intercambio	-0,002 (0,0007)***	-0,002 (0,0007)***	-0,002 (0,0007)***	-0,002 (0,0006)***	-0,0016 (0,0006)***	-0,001 (0,0006)***	-0,002 (0,0006)***	-0,002 (0,0006)***	-0,002 (0,0008)***	-0,002 (0,0008)***
Apertura	-0,0003 (0,0002)	0,0001 (0,0002)	0,0004 (0,0002)*	0,0003 (0,0002)	0,0004 (0,0002)	0,0003 (0,0002)	0,0004 (0,0002)*	-0,0005 (0,0002)	-0,0006 (0,0004)	-0,0005 (0,0005)
IED (% PIB)		-0,003 (0,002)	-0,003 (0,002)	-0,003 (0,002)	-0,003 (0,002)	-0,002 (0,0024)	-0,002 (0,0024)	-0,002 (0,0027)	-0,002 (0,003)	-0,002 (0,003)
Ln (Fuera Laboral)			0,018 (0,0076)**	0,015 (0,0076)**	0,018 (0,008)**	0,16 (0,008)**	0,16 (0,008)**	0,004 (0,009)	0,006 (0,01)	0,007 (0,01)
Derechos de Propiedad				0,001 (0,0006)**	0,0018 (0,0007)**	0,002 (0,0008)***	0,002 (0,0008)***	0,002 (0,0009)***	0,002 (0,0009)**	0,002 (0,0009)***
Crédito a Privados (% PIB)					-0,0003 (0,0002)	-0,0001 (0,0002)	-0,0001 (0,0002)	-0,0001 (0,0002)	-0,0002 (0,0003)	-0,00007 (0,0003)
Ln (PIB per cápita)						-0,017 (0,12)	-0,011 (0,12)	-0,025 (0,16)	-0,03 (0,02)	-0,04 (0,02)*
Tasa Interés Real										
Grado enrol. Educ. Terciana										
Inflación										
Gasto del Gobierno (% PIB)										
Observaciones	530	528	528	523	521	521	447	393	379	377
Pseudo R2	0,07	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13	0,18	0,21	0,21	0,22

Fuente: Estimaciones del Autor

Nota: Los coeficientes son las probabilidades marginales evaluadas en la media. Las regresiones incluyen una constante, la cual no ha sido reportada. Errores estándar entre paréntesis.  
\* significativo al 10%, \*\* significativo al 5%, \*\*\* significativo al 1%

### 3.4.1. Estudio de Eventos

En esta sección se estudian los movimientos de las variables de interés (determinantes y *determinadas*) del/por el I+D durante los 10 años anteriores a una aceleración y los 10 años posteriores, para los países que tuvieron una aceleración de 0.5 (siento  $t=0$  el año de la aceleración). En el anexo 1 y 2 aparecen los valores para cada año.

### 3.4.2. Variables determinantes del I+D

El gasto público en educación presenta una trayectoria interesante. Los países estudiados presentaron con 5 años de antelación al evento una fuerte alza en este gasto, pasando de un 2.12% del PIB a un 6.51% tres años antes de que comience su aceleración. El gasto se mantiene desde entonces alto, en torno al 6% anual, incluso llegando al 7.11% dos años después del inicio del evento (Gráfico 14). Estas cifras resultan altas si se considera que para el conjunto de la muestra el gasto público en educación permanece estancado entre 1970-2007 en torno a un 4.3%.

La Tasa de Inflación también presenta una clara tendencia de estabilidad durante los años previos e inmediatamente posteriores a una aceleración. Entre los 8 años anteriores y los dos siguientes a una aceleración, la tasa de inflación promedia un 8.3%, aunque su promedio para los cuatro años anteriores es algo menor, de un 7.3%. Desde el tercer año en adelante a la ocurrencia del evento, sin embargo, la tasa presenta una fuerte alza, llegando a superar un 25%. (Gráfico 15)

Los Términos de Intercambio, muestran una forma de *u invertida* aumentando en valor entre los 8 años anteriores hasta el cuarto año anterior al evento, para definitivamente decrecer desde entonces. Sin embargo, cabe mencionar que los términos de intercambio nunca bajan de 100, promediando 110.71 entre los 5 años anteriores y 5 años posteriores al evento. Esto puede ser un indicio de que términos de intercambio favorables incentivan la creación de productos innovadores para comercializarlos en el extranjero. Otra alternativa es

que serían estos mismos productos intensivos en innovación quienes influyen al alza los términos de intercambio, al agregarle valor a las exportaciones. (Gráfico 16)

El crédito doméstico a privados, presenta una trayectoria notoriamente creciente a partir del cuarto año antes a la ocurrencia de la aceleración, pasando de un 60% del PIB el cuarto año anterior a un 73% el año de la aceleración. De todas maneras, estos son valores inusualmente altos ya que la media de esta variable para toda la muestra para las décadas de 1970-1979, 1980-1989 y 1990-1999, fue respectivamente de 38.5%, 49.6% y 58.1%<sup>18</sup>. (Gráfico 17)

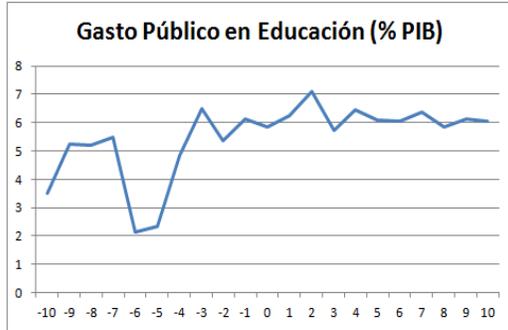
El índice de protección a los derechos de propiedad presenta una clara tendencia al alza a partir del quinto año anterior a la aceleración, pasando de ser 71.47 ese año, a ser 79.36 el año inmediatamente posterior a la aceleración. Cabe destacar que estos son valores altos en comparación a la muestra, que promedia 65.5 entre 1970-1999. Por lo tanto parece razonable considerar que existe una alta correlación entre aceleraciones en la inversión de I+D y la protección a los derechos de propiedad. (Gráfico 18)

Finalmente, la apertura medida como la suma de las exportaciones e importaciones divididas en el PIB, presenta una trayectoria creciente aunque pareciera presentarse un crecimiento definitivo dos años antes del evento hasta cinco años después (Gráfico 19). De todas maneras, cabe destacar que los países que lograron una aceleración poseen medidas de apertura relativamente altas al comparar con el conjunto de la muestra, ya que el promedio entre 1980-1989 es de 61.04, para la década siguiente 71.48 y entre 2000-2007; 84.23.

---

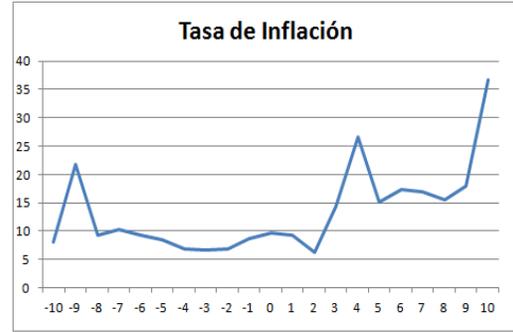
<sup>18</sup> La última aceleración fue en 2001, razón por la que no se presenta el promedio entre 2000-2007.

Gráfico 14: Evolución del Gasto Público en Educación



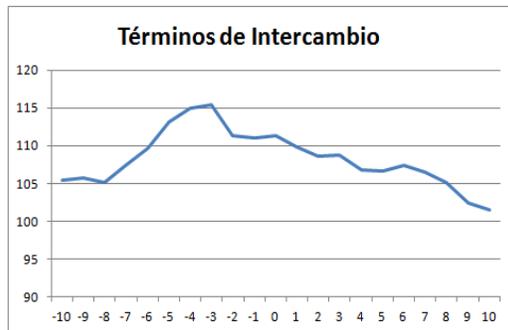
Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 15: Evolución de la Tasa de Inflación



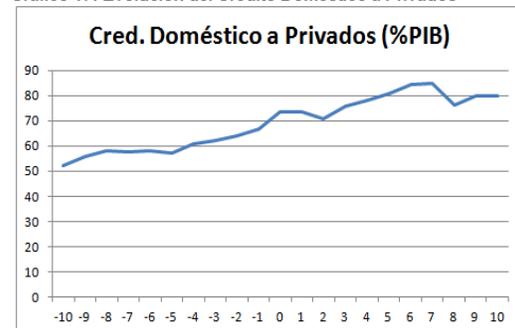
Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 16: Evolución de los Terminos de Intercambio



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 17: Evolución del Crédito Doméstico a Privados



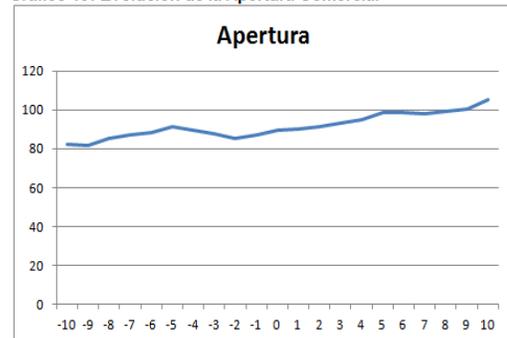
Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 18: Evolución del índice de Protección a los Derechos de Propiedad



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 19: Evolución de la Apertura Comercial



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

### 3.4.3. Variables determinadas por el I+D

En primer lugar, las solicitudes de Patentes de los residentes de cada país, registradas vía el Tratado de Cooperación en materia de Patentes o en una oficina nacional de registro, muestran una clara trayectoria ascendente en el tiempo (Gráfico 20) a partir del año mismo de la aceleración. De esta forma, en el año de la aceleración se solicitaron 520 patentes por millón de habitantes (considerando

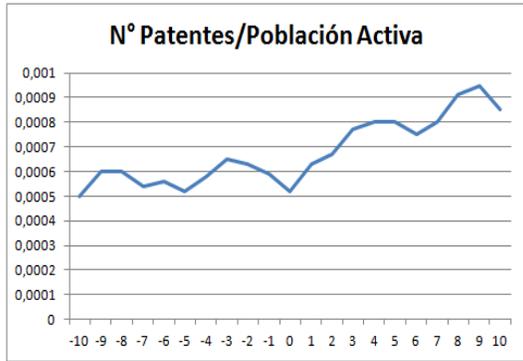
sólo población activa), mientras que esta cifra fue de 950 nueve años después. Al comparar estas cifras con otros países, como Estados Unidos, Francia e Inglaterra, se observa que son relativamente altas. No obstante este no es el caso para países líderes como Japón o Alemania, como se puede apreciar en la tabla 10.

<b>Tabla 10: Patentes por millón de habitantes activos</b>		
	<b>1990-1999</b>	<b>2000-2007</b>
<b>Estados Unidos</b>	840	1290
<b>Francia</b>	488	496
<b>Inglaterra</b>	662	651
<b>Japón</b>	5103	5426
<b>Alemania</b>	1001	1186

El número de artículos científicos y de ingeniería presenta, sin embargo, una tendencia constante en el tiempo, por lo que pareciera ser que las aceleraciones en I+D afectan de manera mucho más intensa el registro de patentes que el número de artículos científicos. (Gráfico 21)

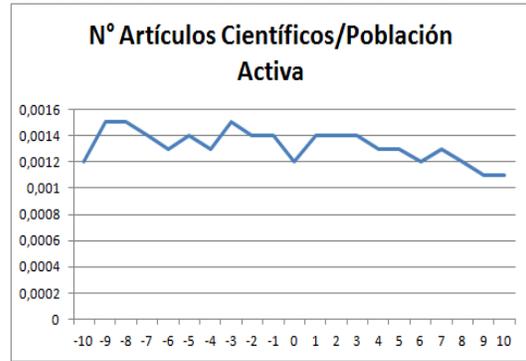
Finalmente, el valor de las exportaciones de productos de alta tecnología, es decir bienes intensivos en I+D tales como productos de la industria aeroespacial, informática, farmacéutica y de maquinaria eléctrica divididos en el valor total de las exportaciones, presenta una notoria trayectoria al alza para el total de los años estudiados. De todas maneras, pareciera notarse un quiebre en la trayectoria seis años antes a la aceleración, hasta los dos años posteriores. (Gráfico 22)

Gráfico 20: Evolución Número de Patentes



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 21: Evolución Número de Artículos Científicos



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

Gráfico 22: Evolución Valor Exportaciones de Alta Tecnología



Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Banco Mundial y Lederman & Saenz (2003)

## Parte IV: Conclusiones

El presente trabajo ha tenido por objetivo estudiar incrementos sostenidos de la inversión en I+D alrededor del mundo, desde 1960 en adelante, utilizando dos enfoques distintos para abordar la investigación.

En la primera parte del trabajo, se recopiló información acerca de la política de adopción de metas de I+D en el mundo entero, encontrándose que es una política relativamente nueva y difícil de cumplir. Un número importante de países no alcanza sus metas autoimpuestas, siendo uno de los ejemplos más claros el de la Unión Europea. De este bloque económico, sólo 2 de sus 27 miembros (Dinamarca e Irlanda) cumplieron sus metas. En todo caso, esta no es una política exclusiva de países desarrollados ya que México, Túnez, Egipto, Kazajstán y Nigeria entre otros, la han adoptado.

Los países que han logrado cumplir sus metas cuentan por lo general con un sector privado que desarrolla una parte importante de las actividades de I+D, agencias nacionales de coordinación, políticas de incentivos tributarios, apoyo gubernamental vía créditos a los innovadores e incubadoras apoyadas por universidades y/o gobierno, creación de parques tecnológicos y una cultura social y política de apoyo a la innovación.

En la segunda parte del trabajo, se realizó un estudio empírico en el que se estudiaron eventos de aceleración en la inversión de I+D, su frecuencia temporal y las variables que determinan y son determinadas por estos eventos. En primer lugar, se puede concluir que las aceleraciones son eventos pocos frecuentes, estando principalmente concentrados entre 1990-1999. Sin embargo, hay una notoria diversidad de los países que han obtenido una aceleración de nivel medio; entre ellos Argentina, Hungría y Pakistán.

Posteriormente se efectuó un análisis probit, para de alguna manera predecir la ocurrencia de una aceleración entre los países. En un primer estudio, considerando solo aceleraciones de 0.5 o mayores, se han obtenido resultados imprecisos, destacando únicamente la preponderancia del gasto público en educación. No obstante, al relajar la condición de aceleración en un segundo estudio probit, se han obtenido resultados mucho más interesantes. Afectarían positivamente la probabilidad de lograr una aceleración alzas del gasto público en educación, de la fuerza laboral, del índice de respeto a los derechos de propiedad y del gasto total del gobierno. Por otro lado, afectarían negativamente esta probabilidad alzas de los términos de intercambio, del PIB per cápita y de la inversión extranjera directa.

Finalmente, se formalizó un estudio de eventos para estudiar cómo evolucionan en el tiempo variables relacionadas al I+D antes y después de los eventos de aceleración. Al estudiar el movimiento de las variables que determinan la inversión en investigación y desarrollo, se concluye que una tasa de inflación estable es importante. Los términos de intercambio se incrementan con fuerza siete años antes de la aceleración, comenzando a decaer definitivamente a partir del tercer año anterior al evento. El gasto público en educación, el índice de protección a los derechos de propiedad y el crédito interno a privados presentan claras trayectorias al alza antes de la aceleración. Particularmente las dos primeras variables muestran un quiebre notorio al alza con cinco años de antelación al evento. Entre las variables determinadas por el I+D, destaca la trayectoria de la solicitud de patentes por residentes a partir del año mismo de la aceleración y del valor de las exportaciones tecnológicas divididas por el valor total de las exportaciones, que muestra un quiebre al alza en su trayectoria cuatro años antes a la aceleración hasta dos años después.

## Bibliografía

Abdessalem, H. & El Elj M., (2011) "Innovation in Tunisia: Sectorial Analysis" Laboratory of Economics and Industrial Management (Tunisia Polytechnic School) and High School of Management.

Alvarez, R., (2011) "Export Transitions" Journal of International Trade and Economic Development, 20 (2), pp. 221-250

Alvarez, R., Bravo-Ortega, C., Navarro, L. (2011) "Innovation, R&D Investment and Productivity in Chile" CEPAL Review, 104, pp. 141-166

Bebczuk, R., (2002), "R&D Expenditures and the Role of Government around the World.," Estudios de Economía, 29, 109–121.

Benavente (2004) "Innovación tecnológica en Chile, Dónde estamos y qué se puede hacer". BCCh working papers N295.

Benavente, De Gregorio y Núñez (2006) "Rates of Return for Industrial R&D in Chile" Serie Documentos de Trabajo N 220, Departamento de Economía, U. de Chile .

Bravo-Ortega, C. & García, A. (2011) "R&D and Productivity: A Two Way Avenue?" World Development Vol. 39, No. 7, pp. 1090–1107.

Charles, J., & John W., (1997), "Measuring The Social Return To R&D", The Quarterly Journal of Economics, Vol. 113, N 4, pp. 1119-1135.

Coe, D., Helpman E., and Hoffmaister, A. (1997). "North-South R&D Spillovers" Economic Journal 107(440): 134-139.

Coe, D., Helpman, D., and Hoffmaister, A., (2008) "International R&D Spillovers and Institutions" IMF working paper.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (2001) "Programa Especial de Ciencia & Tecnología 2001-2006" Disponible en la web en: <http://dct.cicese.mx/cuaderno.pdf>

Dollar, D., & Wolf, E., (1997). "Convergence of Industry Labor Productivity among Advanced Economies, 1963-1982." In Edward N. Wolff, ed., The Economics of Productivity. United Kingdom: Elgar.

Easterly, W. y R. Levine (2002): "It is Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models". En N. Loayza y R. Soto (eds.), *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*. Banco Central de Chile.

European Commission (2009), "INNO-Policy TrendChart - Innovation Policy Progress Report: Portugal"

Falk, M., (2006) "What Drives Business R&D Intensity Across OECD Countries?," *Applied Economics*, 38, 533–547.

Frantzen, D. (2003) "The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: An international disaggregate panel data study" *International Review of Applied Economics*, 17(2), pp. 125-146

Fernández Diez (1999) "La Productividad Total de los Factores en el Sector Agrario: Relaciones de Causalidad". Departamento Economía ICADE 1999.

Fuentes, J. Larraín, R., Schmidt-Hebbel, K., (2006) "Measuring and Explaining Total Factor Productivity in Chile." *Cuadernos de Economía*, 43(Mayo): 113-142.

García, A., (2007) "Investigación y Desarrollo: Impacto sobre Productividad y Determinantes". Tesis para optar al grado de Magister en Economía, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Goto, A. y K. Suzuki, (1989) "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D Investment in Japanese Manufacturing", *Review of Economics and Statistics*, 71 (555-564).

Government of Canada, Science, Technology and Innovation Council (2011), "State of The Nation 2010, Canada's Science Technology and Innovation System".

Griffith, R., S. Redding y J. Van Reenen (2004): "Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries". En *Review of Economics and Statistics*, 86(4), pp. 883-895.

Griliches, Z., (1995). "R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues." In *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford, England and Cambridge, Massachusetts: Blackwell.

Griliches, Z. (1958). "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations" *Journal of Political Economy* 66:419-431.

Griliches, Z. y J. Mairesse, (1983) "Comparing Productivity Growth: An Exploration of French and U.S. Industrial and Firm Data", *European Economic Review*, 21, 89-119.

Griliches, Zvi. (1986) "Productivity, R&D, and the Basic Research at the Firm Level in the 1970s." *American Economic Review* 76(1, marzo): 141-54.

Guellec, D., y B. V. Pottelsberghe, (2000) "The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D," *OECD Science, Technology and Industry Working Papers* 2000/4, OECD Directorate for Science, Technology and Industry.

Gwartney, J., Hall, J., & Lawson, R., (2011) "2011 Economic Freedom Dataset" Publicado en *Economic Freedom of the World: 2010 Annual Report*. Economic Freedom Network.

Hall, R., and Jones, C., (1999). "Why do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others?" *Quarterly Journal of Economics* 114 (1) 83-116. Innovations."

Hausmann, R., Pritchett, L., & Rodrik, D. (2005) "Growth Accelerations" *Journal of Economic Growth*, vol. 10(4), páginas 303-329, Diciembre 2005.

Isenberg, D. (2011) "Start-up Notions, The real roots of Israel's economic miracle" Disponible en la web en: <http://ideas.economist.com/blog/start-notions>.

Jones, C., Williams, J. (1997) "Measuring the Social Return to R&D" Department of Economics, Stanford University.

Kim, L. (1997) "Imitation to innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning" Harvard Business School Press .

Larraín, F. (2004) "Cómo Potenciar la Innovación en Chile?" *Estudios Públicos* 104.

Lederman, D. & Maloney, W. (2003), "R&D and Development" World Bank Policy Research Working Paper No. 3024

Lederman, D. & Maloney, W. (2004), "Innovación en Chile: ¿Dónde estamos?". Serie En Foco, N18.

Lee, W. (2000) "Technological Learning and Entries of User Firms for Capital Goods in Korea", En Kim, L. y R. Nelson, *Technology, Learning, and Innovation*:

Experiences of Newly Industrializing Economies, , 170-192, Cambridge University Press.

Menéndez, L. (2007), "Evaluación de la política de I+D e innovación de México (2001-2006)", Panel Internacional Independiente. Comisionado por ADIAT. Disponible en la web en: <http://www.adiat.org/es/documento/18.pdf>

Nicholson Peter J. (2003) "The Growth Story: Canada's Long-Run Economic Performance and Prospects," International Productivity Monitor, Número 7 3-23.

OECD (2004) Science Technology and Industry Outlook ISBN: 978-92-64-08467-4, Disponible en la Web en: [www.oecd.org/sti/outlook](http://www.oecd.org/sti/outlook)

OECD, (2010) "Perspectivas: México Políticas Clave para un Desarrollo Sostenible"

Persson, B. (2008), "The Development of a New Swedish Innovation Policy A Historical Institutional Approach" Centre for Innovation, Research and Competence in the Learning Economy (CIRCLE) Lund University.

Romer, P (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth" En Journal of Political Economy, 98: S71-S102.

Romer, P. (1990). "Endogenous Technological Change." Journal of Political Economy 98(5): 71-102.

Rouvinen, P. (2002) "R&D-Productivity Dynamics: Causality, Lags and 'Dry Holes.'" Journal of Applied Economics V(1): 123-56.

Royal Society, The. (2011) "Knowledge, networks and nations Global scientific collaboration in the 21<sup>st</sup> century"

Scherer, Frederic M. (1982) "Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth." Review of Economics and Statistics LXIV: 627-634.

Schultz, T. (1953). "The Economic Organization of Agriculture." New York, Unite: McGraw-Hill

Sheehan, J. and A. Wyckoff (2003), "Targeting R&D: Economic and Policy Implications of Increasing R&D Spending", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2003/08, OECD Publishing.

Solow, R. (1957) "Technical Change and the Aggregate Production Function" *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3 (Aug., 1957), pp. 312-320.

Terleckyj, N., (1980) "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries" in John W. Kendrick and Beatrice N. Vaccara, eds., *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, University of Chicago Press.

Trajtenberg, M (2000) "R&D Policy in Israel: An Overview and Reassessment", NBER Working Paper Series, Working Paper 7930.

Vaccarezza, F. (2012) "Políticas de Desarrollo Industrial en la Argentina (1940 – 2001) Desde la Sustitución a la Apertura" *Centro Argentino de Estudios Internacionales*.

Van Pottelsberghe de la Potterie and Lichtenberg, F., (2001) "Does Foreign Direct Investment Transfer Technology across Borders?" *Review of Economics and Statistics* 83(3):490-497.

Vergara, R. (2005). "Productividad en Chile: Determinantes y Desempeño" *Documentos de Trabajo 296*, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

## Anexo 1. Tabla 11: Evolución de Principales Variables Determinantes del I+D ante una Aceleración

Tabla 11: Evolución de Principales Variables Determinantes del I+D ante una Aceleración

Tiempo	Inflación	Términos Intercambio	Gasto Pub. Educ. (% PIB)	Cred. Doméstico a Privados (% PIB)	Índice Protección Derechos de Prop.	(Exp + Imp)/PIB
-10	7,99	105,45	3,52	52,34	76,07	82,13
-9	21,83	105,79	5,23	55,61	75,87	81,94
-8	9,25	105,09	5,19	57,91	76,47	85,45
-7	10,27	107,41	5,48	57,85	76	86,84
-6	9,32	109,64	2,12	58,14	73,47	88,37
-5	8,51	113,1	2,36	57,4	71,47	91,2
-4	6,84	114,94	4,85	60,6	72,94	89,5
-3	6,76	115,43	6,51	62,1	74,77	87,8
-2	6,87	111,3	5,36	63,77	73,16	85,6
-1	8,61	111,01	6,11	66,82	74,52	87,04
0	9,75	111,27	5,86	73,28	75,52	89,68
1	9,22	109,77	6,24	73,54	79,36	90,21
2	6,33	108,68	7,11	70,95	77	91,5
3	14,27	108,82	5,72	75,689	77,78	93,35
4	26,56	106,81	6,44	77,96	76,52	95,22
5	15,1	106,71	6,1	80,682	76,84	98,7
6	17,27	107,34	6,03	84,54	74,8	98,31
7	16,93	106,56	6,37	84,95	76,31	98,23
8	15,54	105,12	5,86	76,16	74,05	99,27
9	17,96	102,42	6,14	79,75	74,31	100,61
10	36,78	101,47	6,03	79,66	74,6	105,14

## Anexo 2. Tabla 12: Evolución de Principales Variables Determinadas por el I+D ante una Aceleración

Tabla 12: Evolución de Principales Variables Determinadas por el I+D ante una Aceleración

Tiempo	Nº Pat. Residentes/Pobl. Activa	Nº Artículos Cient./Pobl. Activa	Valor Exp. Tecn./Valor Exp. Total
-10	0,0005	0,0012	0,0775
-9	0,0006	0,0015	0,082
-8	0,0006	0,0015	0,088
-7	0,00054	0,0014	0,0877
-6	0,00056	0,0013	0,094
-5	0,00052	0,0014	0,122
-4	0,00058	0,0013	0,116
-3	0,00065	0,0015	0,1255
-2	0,00063	0,0014	0,141
-1	0,00059	0,0014	0,147
0	0,00052	0,0012	0,168
1	0,00063	0,0014	0,174
2	0,00067	0,0014	0,184
3	0,00077	0,0014	0,188
4	0,0008	0,0013	0,186
5	0,0008	0,0013	0,188
6	0,00075	0,0012	0,18
7	0,0008	0,0013	0,194
8	0,00091	0,0012	0,215
9	0,00095	0,0011	0,21
10	0,00085	0,0011	0,2

