

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES  
SEDE ECUADOR  
PROGRAMA DE ECONOMÍA  
CONVOCATORIA 2008-2010**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON  
MENCIÓN EN DESARROLLO**

**POLÍTICAS, ESTRATEGIAS Y MECANISMOS PARA IMPULSAR EL  
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LA INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA EN EL ECUADOR**

**RICARDO PAUL PEREIRA ALVAREZ**

**NOVIEMBRE 2010**

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES  
SEDE ECUADOR  
PROGRAMA DE ECONOMÍA  
CONVOCATORIA 2008-2010**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON  
MENCIÓN EN DESARROLLO**

**POLÍTICAS, ESTRATEGIAS Y MECANISMOS PARA IMPULSAR EL  
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LA INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA EN EL ECUADOR**

**RICARDO PAUL PEREIRA ALVAREZ**

**ASESOR DE TESIS: WILSON PÉREZ  
LECTORES/AS: MARÍA CRISTINA VALLEJO  
MIGUEL ACOSTA**

**NOVIEMBRE 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron para la finalización de este trabajo investigativo. En especial a mi director de tesis Wilson Pérez, quien me guió en el desarrollo de este documento y aportó con sus conocimientos. A mi esposa quien me apoyó en los dos años de estudio permitiéndome balancear mi vida personal, estudiantil y profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
CAPÍTULO I: APROXIMACIONES TEÓRICAS DEL ROL DEL ESTADO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO .....	12
1.1 La importancia de I+D en el crecimiento económico. ....	12
1.2 Fallas de los mercados de investigación y desarrollo: .....	15
1.2.1 Externalidades: .....	16
1.2.2 Falta de acceso a la información: .....	18
1.2.3 Coordinación entre los distintos actores del mercado: .....	18
1.2.4 Fallas de los Mercados Financieros: .....	19
1.3 El rol del Estado para alcanzar un desarrollo tecnológico. ....	19
CAPÍTULO II: TEORÍA DE JUEGOS, MODELO ECONÓMICO Y ANÁLISIS.....	24
2.1 Planteamiento a través de la teoría de Juegos: .....	24
2.2 Contexto del Juego: .....	25
2.2.1 Descripción de los jugadores:.....	25
2.2.1.1. Gobierno:.....	25
2.2.1.2. Universidad: .....	26
2.2.1.3. Empresa:.....	30
2.3 Planteamiento de Juegos: .....	34
2.3.1 Juego Gobierno - Universidad:.....	35
2.3.2 Juego Gobierno-Empresa: .....	42
CAPÍTULO III: RECOMENDACIONES .....	47
3.1 Estrategias y Mecanismos: .....	47
BIBLIOGRAFÍA .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. Evolución de las disparidades entre regiones del mundo, 1820-2006.....	4
Gráfico 1. Distribución del gasto en investigación y desarrollo por regiones (en porcentajes) .....	6
Gráfico 2.Comparativo entre países por gasto en I+D como porcentaje del PIB y por el número de investigadores por cada millón de habitantes .....	7
Tabla 2. Gasto de I+D por sector de financiamiento en el Ecuador 2003-2007 .....	8
Tabla 3. Simulaciones del juego Gobierno- universidad .....	39
Tabla 4. Equilibrios perfectos de Nash del juego Gobierno-universidad .....	40
Tabla 5. Simulaciones del juego Gobierno-empresa .....	44
Tabla 6. Equilibrios perfectos de Nash del juego Gobierno-empresa .....	45
Gráfico 3. Actores de un Sistema Nacional de Innovación .....	48
Gráfico 4. Sistema Nacional de Innovación Finlandés.....	50

## RESUMEN

La investigación y el desarrollo científico son factores críticos para el crecimiento de un país. Sin embargo, para aquellos en vías de desarrollo, la inversión en estas actividades ha sido precaria debido a la ausencia de un Sistema Nacional de Innovación, provocando la desarticulación de los actores económicos e institucionales involucrados, así como la persistencia de fallas en los mercados tecnológicos en lo referente al encuentro entre oferentes y demandantes.

Con este antecedente el Estado se convierte en el actor crítico. Es el responsable de impulsar el Sistema Nacional de Innovación e incentivar la producción de conocimiento que requiere el país.

Este trabajo busca simular, a través de la teoría de juegos, la posible interacción que tendría el Gobierno Central con otros actores del Sistema, como la universidad y la empresa, para determinar las mejores políticas, incentivos, estrategias y mecanismos que fomenten la creación de ese círculo virtuoso de generación de conocimiento. Para la consecución de este objetivo es necesario centrar los estudios en la generación del conocimiento aplicado, ya que se lo considera como la principal actividad de investigación para incrementar la producción de cualquier país, asegurando que su crecimiento sea sostenido en el tiempo.

## INTRODUCCIÓN

Son innegables las diferencias que existen entre los países del mundo; los cuales se pueden clasificar a groso modo en países ricos y pobres según sus ingresos per cápita y sus tasas de crecimiento. Se puede apreciar que en la actualidad estas diferencias se han profundizado especialmente si las comparamos con los ingresos per cápita del siglo XIX como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Evolución de las disparidades entre regiones del mundo, 1820-2006**

	1820	1870	1913	1950	1973	1980	1990	2006
<b>A. Producto por habitante, por región<sup>a</sup></b>								
Europa occidental	1 204	1 960	3 457	4 578	11 417	13 197	15 965	21 098
Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelandia	1 202	2 419	5 233	9 268	16 179	17 935	22 345	30 143
Japón	669	737	1 387	1 921	11 434	13 428	18 789	22 853
Asia (con la excepción de Japón)	577	548	658	635	1 225	1 511	2 109	4 606
América Latina	692	676	1 494	2 503	4 513	5 183	5 072	6 495
Europa oriental y ex Unión Soviética	686	941	1 558	2 602	5 731	6 231	6 460	7 000
África	420	500	637	890	1 410	1 538	1 449	1 697
Mundo	667	873	1 526	2 111	4 091	4 521	5 155	7 282
<b>B. Disparidades interregionales (porcentajes)</b>								
Región menos desarrollada/región más desarrollada	34,9	20,7	12,2	6,9	7,6	8,4	6,5	5,6
América Latina/región más desarrollada	57,5	27,9	28,6	27,0	27,9	28,9	22,7	21,5
América Latina/mundo	103,8	77,4	97,9	118,6	110,3	114,6	98,4	89,2
América Latina/región menos desarrollada	164,9	135,2	234,4	394,0	368,5	343,0	350,0	382,7
<b>C. Participación en la producción mundial (porcentajes)</b>								
Europa occidental	23,0	33,1	33,0	26,2	25,6	24,2	22,3	17,7
Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelandia	1,9	10,0	21,3	30,7	25,3	24,3	24,6	22,7
Japón	3,0	2,3	2,6	3,0	7,8	7,8	8,6	6,2
Asia (con la excepción de Japón)	56,4	36,0	22,3	15,5	16,4	18,3	23,2	36,4
América Latina	2,2	2,5	4,4	7,8	8,7	9,8	8,3	7,7
Europa oriental y ex Unión Soviética	9,0	12,0	13,4	13,0	12,9	11,9	9,8	6,0
África	4,5	4,1	2,9	3,8	3,4	3,6	3,3	3,3
Mundo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de J.A. Ocampo y J. Martín, *Globalización y desarrollo: una reflexión desde América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, CEPAL/Alfaomega, 2003; y A. Maddison, *Contours of the World Economy 1-2030 AD-Essays in Macro-Economic History*, Oxford, Oxford University Press, 2007.

<sup>a</sup> En dólares PPA (paridad de poder adquisitivo) de 1990.

**Fuente:** (CEPAL, 2008)

Según la tabla se puede concluir que, en términos de producto por habitante, América Latina mantenía un 57.5% del producto en relación a la región más desarrollada en el año de 1820. Sin embargo se puede apreciar que para el año 2006 esta relación cayó al 21.5%,

confirmando que las disparidades entre los menos desarrollados y ricos cada vez se profundiza más.

Esto nos lleva realmente a las preguntas: ¿porqué tenemos países más ricos que otros? y ¿porqué estas diferencias se han incrementado?. Como lo menciona (Helpman, 2004) los economistas hemos querido responder a esta interrogante por al menos 200 años. Por tal motivo, se han desarrollado muchísimas investigaciones sobre el crecimiento económico y sobre cuáles podrían ser las determinantes que lo ocasionan.

Se generaron muchos modelos de crecimiento económico como el de Solow (1956), los cuales en sus versiones iniciales enfatizan la importancia de la acumulación del capital físico y el capital humano como los factores que provocan un crecimiento económico. Sin embargo, con el pasar de los años aparecieron modelos como el de Romer (1990), en el cual se presenta la existencia de otros factores que provocan un crecimiento económico entre los cuales están el stock de conocimiento o cambio tecnológico, lo que permite mejorar la productividad total dentro de la industria y por lo tanto dentro de un país (Helpman, 2004).

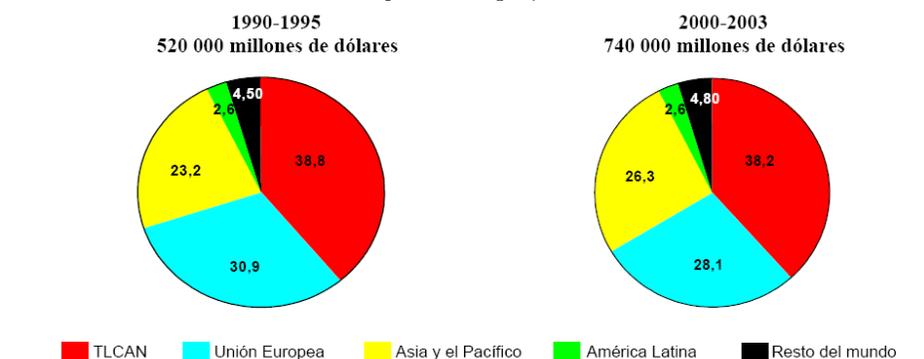
Estos modelos fueron acompañados por estudios de convergencia económica que analizaban las disparidades económicas existentes entre los países y regiones del mundo. Esto permitió diseñar políticas públicas cuyo objetivo era alcanzar tasas de crecimiento lo suficientemente elevadas para acelerar la llegada, de países en desarrollo, a su estado estacionario y así recortar la brecha existente con los países desarrollados. Esta convergencia se la conoce como beta absoluta y con el pasar de los años fue criticada por los modelos de crecimiento endógeno. Sin embargo, Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992a y 1992b) y Mankiw, Romer y Weil (1992), reabrieron la discusión planteando una nueva convergencia beta condicionada, al demostrar que a través del modelo de Solow se generaba una convergencia entre economías con características similares. Estos hallazgos derivaron en estudios empíricos que intentan determinar las variables que ocasionan el crecimiento económico y por ende de los distintos estados estacionarios (Martín, 2009).

Existen otros estudios, como el realizado por Rodrik & Hausman (2002) sobre el desarrollo económico, que determinan que existen dos factores requeridos por cualquier país para desarrollarse, estos son: tecnologías y buenas instituciones. Sin embargo se recalca que para que esto suceda, los países en desarrollo deben alcanzar un “estado actual de tecnología”, es decir, alcanzar un desarrollo tecnológico capaz de producir un salto en la

malla productiva de un país. Otra condición necesaria es que las instituciones de Gobierno sean fuertes y capaces de impulsar y promover el desarrollo del mismo.

Por lo tanto, si se concluye que un país puede alcanzar un desarrollo similar al de los países más ricos a través de varias acciones, entre las cuales está una adecuada inversión en investigación y desarrollo, la política de los países menos desarrollados debería ser invertir continua y de manera creciente en estas actividades. Sin embargo, como se puede apreciar en el siguiente gráfico, las inversiones que realizan los países pobres o en vías de desarrollo y las que realizan los países desarrollados, sería poco probable que los primeros puedan realizar el salto tecnológico necesario para desarrollarse.

**Gráfico 1. Distribución del gasto en investigación y desarrollo por regiones (en porcentajes)**



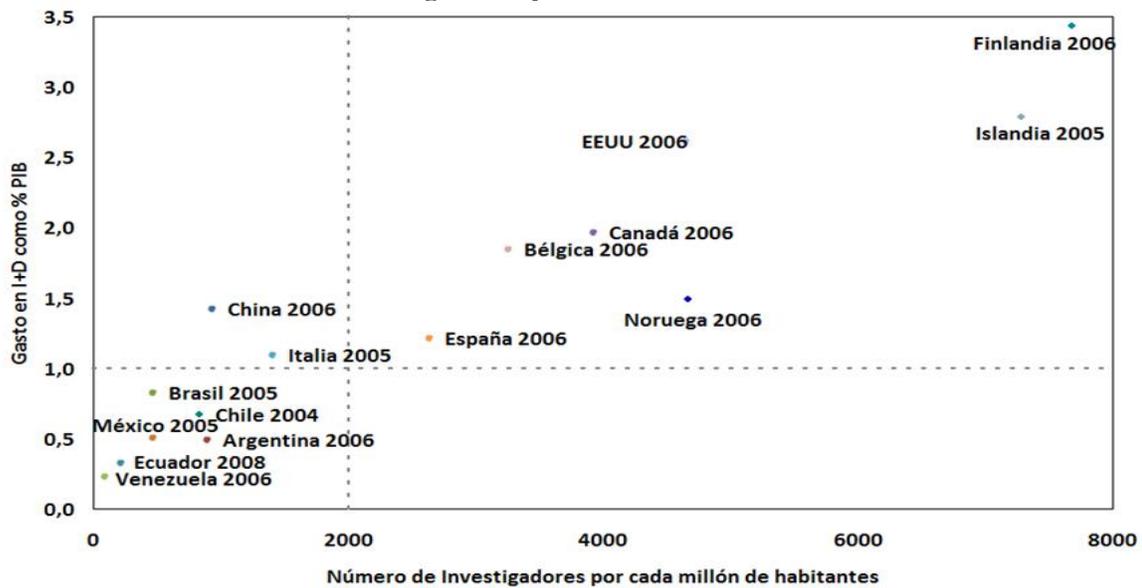
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT); y Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Main Science and Technology Indicators*, París, varios años.

**Fuente:** (CEPAL, 2008)(gráfico trabajado sobre valores totales del gasto en I+D)

El gráfico indica que América Latina tiene el porcentaje más bajo de inversión en I+D en el período de 1990-1995 y que este comportamiento no ha variado para el período de 2000-2003. Gran parte del gasto mundial en I+D lo realizan los países desarrollados: la Unión Europea con el 28.1%, los países de América del Norte (EEUU y Canadá especialmente) con el 38.2% y los países de Asia y el Pacífico con el 26.3%.

Si realizamos este mismo análisis para el Ecuador, el panorama es bastante desalentador ya que somos uno de los países que menos invierte en investigación y desarrollo incluso a nivel de Sudamérica. En el gráfico 2 se observan estas tendencias, a pesar de que el dato de Ecuador es del año 2008 y del resto de países de los años 2006 y 2005.

**Gráfico 2. Comparativo entre países por gasto en I+D como porcentaje del PIB y por el número de investigadores por cada millón de habitantes**



Fuente: SENACYT: Dirección General, 2009.

El gráfico cruza el número de investigadores por cada millón de habitantes y el gasto en I+D como porcentaje del PIB. En este sentido se puede ver que los países de América Latina estamos muy por debajo de los países líderes en sistemas nacionales de innovación como son: Estados Unidos, Finlandia, Noruega e Islandia.

Adicionalmente, se debe mencionar que la inversión en I+D no solo debe provenir del Estado, sino de otros actores claves como son la empresa y la universidad. Si realizamos un análisis de la composición del gasto en I+D se puede apreciar que en el caso Ecuatoriano el mayor inversionista es el Gobierno, con un promedio de 67.78% de la inversión total (tabla. 2), relegando a la empresa a una posición secundaria ya que solo invierte un 18.05% en promedio. Finalmente, en tercer lugar se encuentra la universidad con una inversión realmente mínima que en promedio está por el 4.2%.

**Tabla 2. Gasto de I+D por sector de financiamiento en el Ecuador 2003-2007**

<b>Gasto de I+D 2003-2007</b>					
<b>Institución</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Gobierno	70.0%	66.0%	65.0%	72.2%	65.7%
Empresas	4.0%	12.4%	16.7%	18.1%	24.9%
Educación Superior	4.9%	3.7%	4.5%	4.1%	3.8%
Org. Sin fines de lucro	0.9%	1.1%	1.1%	1.2%	1.2%
Extranjero	19.5%	16.0%	8.6%	4.4%	4.4%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

**Fuente:** SENACYT - Dirección de Investigación Científica (2009)

Generalmente este tipo de comportamiento se lo puede apreciar en países en vías de desarrollo. Para los países desarrollados esta composición es diferente, el principal componente es el gasto de la empresa privada y en segundo lugar está el Gobierno. Por ejemplo en Finlandia en el año 2006, la inversión en I+D fue de 5.789 M€y la participación fue del 71% para la empresa y un 29% para el Gobierno y universidades (Kotilainen, 2008).

Con estos antecedentes es necesario el planteamiento de la siguiente pregunta: ¿Porqué los países pobres o en vías de desarrollo no alcanzan niveles óptimos de inversión en I+D?. En este sentido, se podría mencionar que existen dos causas fundamentales para que un país, a través de sus instituciones públicas y privadas, no logre invertir cantidades considerables de recursos como para generar un círculo virtuoso de generación de conocimiento.

La primera, involucra un tratamiento de I+D como un bien público. Este tipo de bien es aquel que puede ser consumido por varios individuos sin que pierda su valor para ninguno de ellos. Las características principales de un bien público son: no rivalidad y no excluyente. La primera característica de no rivalidad indica que un bien puede ser consumido por varios individuos sin que este pierda su valor, y la segunda, de no excluyente involucra el concepto de no prohibir el consumo del bien inclusive si el individuo paga o no por este. En tal sentido, si ligamos el concepto de bien público con los bienes o servicios provenientes de I+D se puede asumir que este sería un desincentivo para cualquier actor que genere este tipo de desarrollos. Esto se debe a que ningún agente de una economía invertiría en I+D si sus desarrollos fueran de libre uso ya que esto generaría una pérdida de rentabilidad para el desarrollador e impediría las inversiones futuras en estas áreas. (Berkeley)

La segunda, proviene del supuesto de que un país requiere de investigaciones para su desarrollo, por lo que deben existir tanto proveedores como consumidores de estos bienes o servicios. Al contar con un producto (investigaciones) que es generado por centros de investigación, universidades, entre otros y tenemos los consumidores que pueden ser la industria o el Gobierno a través de sus instituciones, se requiere de un mercado para que se encuentre la oferta y demanda de estos productos. Por lo tanto, parte de la deficiente inversión en I+D de los países en vías en desarrollo puede ser atribuida a la existencia de fallas en este mercado que imposibilita su normal funcionamiento. Las fallas que se han podido identificar son:

1. Externalidades.
2. Falta de acceso a la información.
3. Coordinación entre los distintos actores del mercado (Devlin & Moguillansky, 2009).

Estas fallas requieren un mayor análisis para determinar su importancia y sobre todo cuáles son los problemas que las ocasionan, por tal motivo se las desarrollará a cada una de ellas dentro del marco teórico de este documento.

Los procesos de innovación tecnológica no se reducen a la capacidad que tengan las empresas, universidades, laboratorios o el sector público, sino que se requiere de un “sistema nacional de innovación”, conformado por un conjunto de actores que interactúan entre sí provocando un dinamismo tecnológico que apoye a la actividad innovadora, los procesos de generación, transferencia, adaptación y difusión de tecnologías (UNU, UNESCO, CEPAL-ILPES, & CYTED, 1994).

Entonces surge la pregunta sobre cuál debería ser el rol del Estado, y de manera más específica del Gobierno con sus instituciones. Se entendería que este debe ser el impulsor y el creador de un sistema nacional de innovación, adicionalmente debería ser un promotor de un desarrollo tecnológico a través de la creación de políticas, estrategias, incentivos y mecanismos que posibiliten la generación de agendas consensuadas. (UNU, UNESCO, CEPAL-ILPES, & CYTED, 1994).

Adicionalmente, el Gobierno debería trabajar de manera paralela en la generación de planes estratégicos que permitan el aprovechamiento de nuevas oportunidades y cambios en su malla productiva, crear las capacidades para que el país pueda aprovecharlas, trabajar en

canales de difusión tecnológica para que las empresas sean competitivas en sus mercados y así realmente lograr un crecimiento económico sostenido (CEPAL, 2008).

Algunos de los aspectos en los que ha trabajado el Ecuador para la creación del Sistema Nacional de Innovación son los siguientes:

La Constitución del Ecuador, en la sección octava del régimen del buen vivir (Artículos: 385 y 386):

“Ordena la creación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales y que tendrá como objetivos:

- Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
- Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
- Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.”(Constitución Política del Ecuador, 2008: 173)

“El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones e incorporará a instituciones del Estado, universidades, empresas públicas y privadas entre otros actores con el fin de realizar actividades de investigación y desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales”. (Constitución Política del Ecuador, 2008: 174)

Ya que la creación de este sistema aun no se ha realizado es necesario desarrollar estrategias y mecanismos que permitan tanto la creación del sistema como su óptimo funcionamiento y así cumplir con las políticas y programas, que a su vez promuevan y apoyen las iniciativas tecnológicas conjuntas y que fomenten el desarrollo a través de la mejora de la calidad de vida y bienestar de la sociedad.

La institución que se encarga del fomento de la investigación y desarrollo en el Ecuador es la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), la cual ha realizado importantes esfuerzos en dos líneas principales que son:

- Fortalecimiento del talento humano a través de programas de becas tanto para maestrías como doctorados y postdoctorados.
- Financiamiento de proyectos de investigación básica, aplicada y experimental basados en lineamientos estratégicos del país.

Sin embargo estos esfuerzos aislados realmente no provocan una dinámica generadora de conocimiento como se plantea dentro de un sistema nacional de innovación, ya que el Gobierno es el único financista de proyectos y solicitante de investigaciones, lo que no refleja todo el panorama de I+D dentro de un país.

Con estos antecedentes, a lo largo de este documento se pretende modelar a través de la teoría de juegos la interacción de los principales actores de un Sistema Nacional de Innovación Ecuatoriano (Gobierno, empresa y universidad) para determinar cuáles deberían ser las políticas e incentivos más adecuados que pudiera usar el Gobierno para impulsar un desarrollo tecnológico del país.

## CAPÍTULO I

### APROXIMACIONES TEÓRICAS DEL ROL DEL ESTADO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO

El capítulo inicia con una descripción de cómo es percibido el desarrollo tecnológico dentro de la economía, posteriormente introduce conceptos ligados a los mercados de investigación y desarrollo, los sistemas nacionales de innovación y finalmente se concluye con la importancia del rol del Estado para impulsar la investigación y la innovación a través de incentivos, estrategias y otros mecanismos.

#### 1.1 La importancia de la investigación y desarrollo en el crecimiento económico.

Los modelos de crecimiento económico han evolucionado en el tiempo incluyendo cada vez más variables que producen un crecimiento sostenido. Si nos enfocamos en los modelos de crecimiento económico que incluyen a la investigación y desarrollo como variables explicativas y utilizamos la clasificación de Helpman (2004), se podría afirmar que existen dos tendencias en el análisis de estas variables, que se resumen de la siguiente manera:

La primera tendencia se caracteriza por considerar al desarrollo tecnológico como una variable exógena como por ejemplo, el modelo de Solow (1956). Sin embargo el considerar al progreso tecnológico de esa manera implicaría que una economía solo puede crecer en el largo plazo si su tecnología también crece. Como lo menciona Sala-I-Martin (2000) este supuesto reduce mucho los beneficios de estos modelos ya que el crecimiento económico a largo plazo estaría explicado por esta variable exógena, lo que limita la capacidad explicativa del crecimiento a partir de este modelo.

La variable de tecnología dentro de los modelos neoclásicos tiene que ser exógena debido a dos fuertes supuestos: la función de producción es homogénea de grado 1, es decir un incremento proporcional en las variables explicativas provoca un incremento en la misma proporción en la producción y competencia perfecta. El cumplimiento de estos supuestos provoca que *“el producto total sea igual a la cantidad de capital multiplicada por su precio más la cantidad de trabajadores multiplicada por el salario que cobra cada uno de ellos”*

(Sala-I-Martin, 2000:43). Lo que conlleva a que en los modelos neoclásicos no se pueda dedicar recursos para financiar actividades de I+D (Sala-I-Martin, 2000).

Autores como Arrow (1962) insertaron en la función de producción un factor adicional que es la tecnología. A este factor se lo consideraba como un potenciador del trabajo. De acuerdo “al conocido” learning by doing, el conocimiento puede ser adquirido por la experiencia en el trabajo, lo que provoca una mejora en la productividad de cualquier empresa (Sala-I-Martin, 2000).

Como lo menciona Sala-I-Martin (2000), los principales supuestos del modelo de Arrow (1962) son: primero, la forma de adquirir el conocimiento es a través del “learning by doing”; y, el segundo, que el nivel tecnológico es considerado un bien público, es decir, que una vez que se produce el conocimiento, este se esparce por toda la economía (“knowledge spillovers”). Finalmente, se concluye que si se cumplen los dos supuestos iniciales una economía crecerá de forma paralela a la cantidad total de inversión.

Finalmente Uzawa (1965) y Lucas (1988) construyeron un modelo de dos sectores con crecimiento endógeno. La producción del primer sector se la obtiene mediante la combinación de capital y trabajo y su producción puede ser consumida o nuevamente transformada a capital. En cambio el segundo sector es productor y acumulador de talento humano (trabajo), por lo que se considera que la tecnología es diferente para cada uno de los sectores (Sala-I-Martin, 2000).

La importancia de contar con estos dos sectores radica en que es posible afirmar que un sector puede ser diferente a otro y ocupar más de un factor productivo, por ejemplo la empresa sería el agente que mejor representa al primer sector y la universidad refleja al agente del segundo sector el cual produce y acumula talento humano para beneficio propio y del primer sector. Estos modelos permiten apreciar la gran importancia de la vinculación que debe existir entre estos agentes ya que el recurso humano es concebido como motor de la productividad del factor trabajo, lo que convierte en endógeno el crecimiento económico de un país.

Para continuar con la segunda tendencia de Helpman (2004), se revisa la “nueva” teoría de crecimiento económico, de acuerdo a la cual, la tecnología pasa a ser concebida como *“la fórmula o conocimiento que permite a las empresas mezclar capital y trabajo para producir un producto atractivo para los consumidores”*(Sala-I-Martin, 2000:67-68).

La tecnología es considerada como un bien “no rival”, es decir, una vez que se ha producido este conocimiento puede ser utilizado por muchas más empresas y el objetivo principal de esta es mejorar la productividad de los factores.

En este marco, Romer (1990) plantea un modelo desagregado para la industria, con el objetivo de estudiar cómo evoluciona la productividad. En este modelo se describe la inversión que realiza la empresa en actividades de investigación y desarrollo para obtener una mayor utilidad proveniente de los nuevos productos creados o por la disminución de los costos de producción provenientes de un incremento en la productividad de los factores (Helpman, 2004). De manera más específica, Romer (1990) consideraba una economía con tres agentes: los productores de bienes finales (empresas), quienes rentaban la tecnología desarrollada por otros para su proceso productivo; los productores de I+D (centros de investigación, empresas y universidades), quienes después de su desarrollo patentan sus productos y alquilan al primer agente. Finalmente, los consumidores con su rol de maximizadores de utilidad (Sala-I-Martin, 2000). Para que una empresa o universidad invierta recursos en investigación y desarrollo se requiere de varias características institucionales que permitan que esta inversión sea rentable, caso contrario no existiría ningún incentivo para invertir esos recursos. Entre estas características institucionales se recalca la protección de patentes y derechos de propiedad al igual que un buen sistema legal que haga cumplir las leyes (Helpman, 2004).

Grossman y Helpman (1991) proponen una economía productora de bienes. Cada bien puede potencialmente mejorar de calidad de manera infinita (quality ladders) y para que esto suceda se requiere inversiones en I+D. Los supuestos del modelo son: la existencia de una única escalera de calidad por industria y el aseguramiento de los derechos de propiedad sobre los desarrollos tecnológicos. Sin embargo lo más importante del modelo radica en el nivel de competitividad de una industria ya que las empresas que la conforman siempre estarán peleando por el mercado, lo que provoca que parte de estas tomen un rol de líder a través de la realización innovaciones en sus productos mejorando su calidad. Estas innovaciones otorgan oligopolios temporales donde sus réditos son mayores y reciben el suficiente incentivo para continuar con la inversión en I+D.

Hasta aquí se ha presentado una breve reseña de diversos modelos de crecimiento económico y desde ya se puede apreciar la vinculación que debe existir entre los agentes generadores de I+D y los consumidores de estos, es decir, la importancia de que la empresa y la universidad se encuentren como posibles compradores y proveedores respectivamente.

Otros modelos analizan las condiciones que explican el desarrollo económico. Rodrik y Hausman (2000) reconocen a la investigación y desarrollo como un elemento crítico para que un país pueda desarrollarse. Sin embargo, todavía falta determinar por qué todas estas propuestas y en especial los modelos de crecimiento económico con tecnología endógena no se cumplen en países pobres o en vías de desarrollo. Quizá si se considera que la investigación y desarrollo como bienes que deben ser comercializados en un mercado, la causa de su poco desarrollo en estos países se debe a la existencia de fallas de mercado, las cuales deben ser analizadas a profundidad para poder determinar sus niveles de importancia y así corregirlas para un adecuado funcionamiento.

## **1.2 Fallas de los mercados de investigación y desarrollo**

Ya que a lo largo de este documento se ha planteado la importancia de I+D para el crecimiento económico de un país, se considera necesario abordar las fallas de mercado que impiden una transformación productiva para posteriormente ahondar en las fallas de mercado de I+D que ocurren en países latinoamericanos.

Rodrik (2004) considera que una transformación productiva puede darse a través de acciones de Gobierno y una adecuada articulación entre el Estado, la universidad y la empresa. Sin embargo, estos aspectos no suceden en países en vías de desarrollo ya que estos sufren de dos tipos de fallas de mercado que son de información y de articulación.

La falla de la información está ligada a un proceso de “auto-descubrimiento” que un país realiza a través de emprendedores. Un país necesita descubrir para qué es bueno en términos de producción a menor costo, respecto de los costos del país industrializado que actualmente provee esos productos. Un claro ejemplo de este tipo de auto-descubrimiento es el de la India en software. Una vez que se ha encontrado el o los productos que se pueden producir se requiere de una acción del Gobierno y de la empresa para adquirir la tecnología necesaria para producir los bienes, por lo que realmente no se puede considerar un proceso de

investigación o de innovación que conlleva a un desarrollo tecnológico sino, de adquisición de tecnología. En este punto es donde se requiere la intervención del agente productor de conocimiento como es la universidad, ya que, una vez adquirida la tecnología se debe iniciar procesos de desarrollo que le permitan a la empresa sostener las ventajas competitivas alcanzadas. Sin embargo el proceso de auto-descubrimiento generalmente no ocurre en un país en desarrollo (Latinoamérica), ya que el Gobierno no dispone de políticas que impulsen diversos emprendimientos. Por tal motivo, los emprendedores no tienen ningún incentivo para realizar este tipo de búsqueda, ya que el riesgo que se debe asumir generalmente es muy elevado (Rodrik, 2004).

La otra falla que menciona Rodrik (2004) es la falta de coordinación para la realización de inversiones, es decir, para que un emprendedor o empresario establecido invierta requiere de otras inversiones complementarias que no serán desarrolladas por agentes privados. Por tal motivo, nuevamente se requiere de una acción del Gobierno para corregir esta falla (Rodrik, 2004).

Un país sufre de varias fallas que impiden una transformación en su malla productiva y que obtenga un crecimiento sostenido. Sin embargo, se mantiene la premisa de que un país necesita obtener un desarrollo tecnológico que actúe como complemento de acciones para generar una dinámica de desarrollo. Por tal motivo, el siguiente paso es el analizar el mercado de I+D para identificar sus principales fallas y sus posibles correctivos.

Para poder realizar un análisis de las fallas que presenta el mercado de I+D ,y , que también sufren los países latinoamericanos o en vías de desarrollo, se las ha agrupado en cuatro categorías que son:

1. Externalidades.
2. Falta de acceso a la información.
3. Coordinación entre los distintos actores del mercado (Devlin & Moguillansky, 2009).
4. Fallas de mercados financieros (Takalo, 2009).

### **1.2.1 Externalidades**

“Las externalidades de este tipo de mercados ocurren cuando una empresa invierte en I+D y esta no es capaz de apoderarse completamente de los efectos de su desarrollo dentro de sus utilidades”(Takalo, 2009:8).

Estas externalidades se las puede clasificar en:

- **Spillovers:** Esta externalidad se genera por la rotación del personal capacitado de una empresa a otra. Se entiende que esta rotación juega un rol esencial en procesos de innovación, ya que el recurso humano se lleva todo el conocimiento aprendido en su empleo anterior al nuevo. La muestra más grande de esta externalidad es el caso de “Silicon Valley”, donde por la alta concentración de las industrias de silicio se producía este intercambio de conocimiento incluso sin ocasionar una rotación de personal, sino por conversaciones de amigos.
- **Excedente del consumidor:** Esta externalidad se produce ya que el vendedor no logra capturar el valor de su innovación, de todos sus usuarios, generándose así una discriminación de clientes al imponer el precio del nuevo producto.
- **Innovación acumulativa:** Es el efecto que se da cuando una empresa ha realizado alguna innovación y este descubrimiento es utilizado por otras empresas para producir alguna innovación sobre la innovación inicial. Este proceso ocurre cuando el dueño de la innovación inicial no visualiza completamente las futuras innovaciones que su producto pudiese tener (Takalo, 2009).

Takalo considera que las externalidades distorsionan el funcionamiento del mercado ya que generalmente se provoca una diferencia entre el valor social y privado de las innovaciones. Por tal motivo si una empresa que invierte en I+D no es capaz de capturar todo el beneficio social no tendrá ningún incentivo para invertir en este tipo de actividades. Toda actividad de I+D genera externalidades ya que produce nuevos conocimientos y tecnologías que pueden considerarse como bienes públicos por el efecto de los “spillovers” (Takalo, 2009).

Las empresas no están dispuestas a invertir en actividades de I+D tanto por el alto riesgo que estas actividades conllevan como por la posibilidad de que sus descubrimientos puedan ser copiados por los competidores. Por tal motivo, se requiere una intervención eficiente del Estado a través de políticas e incentivos que garanticen una adecuada asignación de recursos para que realmente se genere un desarrollo tecnológico dentro de un país (Takalo, 2009).

Las externalidades no siempre son positivas sino que también pueden ser negativas. Por ejemplo con impacto negativo se puede tener un inadecuado sistema legal que no disponga de leyes de propiedad intelectual.

### **1.2.2 Falta de acceso a la información:**

Las universidades y en especial las empresas envían continuamente información referente a su funcionamiento y señales diversas a los mercados que son indicativos insuficientes para que el Estado pueda tomar decisiones que impulsen la investigación y desarrollo (Devlin & Moguillansky, 2009).

Se pueden observar al menos dos problemas en la calidad de la información referente a I+D:

- Los desarrollos realizados en otros países y que son de libre uso, generalmente no son difundidos por parte del Gobierno a través de sus instituciones. Esto provoca una duplicidad en investigaciones de temas en los que ya se tienen desarrollos de punta.
- El Estado puede conocer sus necesidades de investigación en áreas estratégicas o de propiedad pública, como por ejemplo el sector energético, petrolero, salud, entre otros. Sin embargo, es poco probable que se determine exactamente las necesidades de investigación que tienen las diferentes industrias de un país. Esto genera agendas de investigación que realmente no responden a una necesidad de país, perdiendo así su efectividad.

Estas fallas en la información se producen por problemas en la coordinación entre los distintos actores del mercado.

### **1.2.3 Coordinación entre los distintos actores del mercado:**

Se considera que esta falla provoca las otras dos fallas anteriormente descritas. Cuando no existe una interrelación entre los actores del mercado de productos de I+D es muy difícil solucionar las otras fallas ya que nunca se podrá establecer la visión que responda a todos los actores y que pueda regir dentro de un sistema de innovación para lograr un proceso de desarrollo tecnológico continuo.

Esta falla se conecta directamente con la creación de los sistemas nacionales de innovación, que lo que buscan es generar esas sinergias entre sus actores, provocando así un dinamismo tecnológico que deriva en crecimiento económico (UNU, UNESCO, CEPAL-ILPES, & CYTED, 1994).

#### **1.2.4 Fallas de los mercados financieros:**

Las fallas de los mercados financieros cuando se trata de la actividad de investigación y desarrollo son: selección adversa y riesgo moral. Generalmente estas son producidas por información asimétrica tanto de los que están dentro del sistema financiero como los que están fuera del mismo. La selección adversa se da en el momento en que la institución financiera no es capaz de identificar cual es un buen proyecto y cual no, por lo que generalmente no se financia ninguno de ellos o se financian los dos. Esto hace difícil que las instituciones financieras otorguen préstamos para desarrollar proyectos con un alto componente de I+D, que representan un riesgo demasiado alto para la institución financiera y provocan un racionamiento del crédito especialmente para nuevas firmas desarrolladoras de conocimiento quienes no gozan de un historial bancario lo suficientemente fuerte para acceder a este tipo de créditos (Takalo, 2009).

El riesgo moral provoca un racionamiento del crédito en las actividades de I+D “*ya que el prestatario se ve inducido a escoger proyectos para los cuales la probabilidad de no pago es mayor debido a la vinculación que existe entre un proyecto de mayor riesgo con una mayor rentabilidad. Esto perjudica a la utilidad esperada del prestamista ya que encarece las tasas de interés de esos tipos de créditos*” (Agénor, 2000:64-65).

Una vez que se han planteado las principales fallas que presentan los mercados donde se comercializan los productos de I+D, es necesario analizar el rol que debe tener el Estado para la solución de las mismas y provocar que estos funcionen de una manera adecuada.

### **1.3 El rol del Estado para alcanzar un desarrollo tecnológico**

Si consideramos a los modelos neoclásicos de crecimiento económico planteados al inicio de este capítulo, el Estado no tendría ninguna herramienta para promover un crecimiento sostenido de largo plazo, en este marco, el desarrollo tecnológico se generara por sí solo (Martin, 2009).

En cambio, en los modelos con la tecnología como una variable endógena, el Estado toma un rol fundamental ya que se convierte en el impulsor de ese desarrollo tecnológico; por lo que debe diseñar políticas, estrategias y mecanismos que permitan que ese desarrollo tenga lugar a la tasa óptima y así promover el crecimiento económico.

Al reconocer la existencia de fallas en los mercados de I+D y que el Estado las puede solucionar a través de su intervención es importante mencionar el estudio de (Devlin & Moguillansky, 2009) de la CEPAL donde se realiza un análisis bastante completo sobre las estrategias que puede utilizar el Estado para impulsar un adecuado funcionamiento de los mercados, estas son:

- **Estrategias que centran la atención en las intervenciones públicas encaminadas a fortalecer la acción autónoma de las fuerzas del mercado:** En este grupo de estrategias están aquellas ligadas a mantener una estabilidad macroeconómica, por ejemplo; políticas monetarias y fiscales, derechos de propiedad, institucionalidad legal, entre otros. Y por otro lado estrategias vinculadas a la calidad de vida mediante políticas que fomenten la apertura de bienes públicos básicos como son la salud, educación e infraestructura.

En este tipo de estrategias predomina el libre mercado siendo este capaz de resolver por sí solo todas las fallas que se pueden presentar a corto y mediano plazo. Entonces la intervención estatal lo único que genera son incentivos para que se produzca una transformación productiva y social del país, sin embargo esta intervención puede ser perjudicial para los mercados.

- **Estrategias que centran su accionar en solucionar ciertas fallas de mercado:** El objetivo de estas, es diseñar tipos de intervención pública que corrijan las fallas existentes de los mercados tanto a corto como mediano plazo y así influir en su funcionamiento. Esta intervención ocurre sobre todo a un nivel microeconómico logrando incentivar la existencia de ventajas comparativas dentro de las industrias ya que promueven un mayor desarrollo tecnológico y por ende los saltos cualitativos y cuantitativos necesarios en una malla productiva para que un país crezca y se desarrolle (Devlin & Moguillansky, 2009).

Según Evans (1995) las estrategias que han aplicado los países en su accionar en los últimos años están mezcladas entre los dos grupos anteriormente mencionados. Sin embargo está claro que debido a las fallas que presenta el mercado de I+D es necesario una intervención del Estado. Entonces esto nos lleva a otro tema de discusión sobre cuáles deben ser las políticas que un Estado debe implementar para provocar un desarrollo tecnológico.

En este sentido Takalo (2009) realiza una clasificación de las políticas que generalmente han sido utilizadas por los Gobiernos para solucionar las fallas de este mercado e impulsar su desarrollo. Estas políticas son:

- Propiedad Intelectual
- Subsidios para actividades de I+D
- Fondeo del Gobierno para actividades de I+D
- Incentivos tributarios
- Premios y Concursos
- Contratación Pública

A esta clasificación se suma el estudio de Marshall (2005), de acuerdo al cual, los Gobiernos han desarrollado un marco legal en el ámbito de la propiedad intelectual que protege los desarrollos y que su vez incentiva al productor de innovaciones a continuar con sus actividades, este marco legal se ha centrado en tres tipos de protección que son: patentes, marcas y derechos de autor.

Continuando con el análisis que realizan (Takalo, 2009) y (Marshall K. , 2005) el Estado puede fomentar un desarrollo de I+D a través de acciones directas e indirectas. Entre las directas tendríamos por ejemplo contratación de investigaciones provenientes de una agenda estratégica, financiando líneas de investigación o proyectos específicos e inclusive a través de producción de innovaciones mediante el uso de laboratorios estatales. Mientras que las indirectas serían: subsidios para el desarrollo de actividades de I+D, los incentivos tributarios e inclusive los concursos o premios que se puedan entregar a innovaciones ya creadas. La razón de que estas acciones sean consideradas indirectas radica en que el beneficiario no tiene una agenda específica que cumplir o no tiene un programa que desarrollar, por lo tanto tiene una mayor libertad para esa utilización de fondos.

Hasta este momento se han analizado las políticas que el Estado puede aplicar para promover un desarrollo tecnológico impulsando su producción interna. Sin embargo existe otra posibilidad de provocar ese cambio tecnológico que es a través de la transferencia de tecnología. En este sentido Avalos (1994) considera a la tecnología como mercancía con sus particularidades pero que puede ser adquirida o comercializada a través de mercados nacionales o internacionales. Entonces otro ámbito de acción para el Estado puede ser el adquirir tecnología de países desarrollados y así acelerar el proceso de actualización de tecnología. Entonces como lo menciona Helpman (2004) el proceso de difusión tecnológica se puede dar a través del comercio ya que por ejemplo en el momento en que se importa una cantidad de maquinaria o equipos de punta, estos conllevan una acumulación de conocimiento de sus creadores y estos de los creadores de las partes para armar el equipo, por lo que se convierte en un “círculo virtuoso de acumulación de conocimiento”, lo que permite a un país en vías de desarrollo acelerar su nivel tecnológico a través del comercio.

Como un punto a favor de la transferencia de tecnología a través del comercio exterior es que acelera el proceso de cambio tecnológico de un país y requiere una menor inversión. El punto negativo es que no se están generando las capacidades internas por lo que el país siempre dependerá de la adquisición de nuevas tecnologías de otros países impidiendo que sea un líder en el proceso. Por lo anteriormente mencionado se requiere un análisis profundo sobre la efectividad de las políticas que un Estado puede implementar para provocar ese desarrollo tecnológico, y si bien este punto se lo cubrirá a detalle en el siguiente capítulo se considera necesario que un país cuente con un sistema nacional de innovación y que no solo se compre tecnología al exterior.

El interés de este documento es el analizar el rol que puede tener el Gobierno para impulsar un desarrollo tecnológico a través de su influencia en el proceso generador de tecnología, es decir, influyendo desde su desarrollo hasta su implementación. También se debe considerar que el Estado puede influenciar, mediante una agenda estratégica, la tecnología que un país debe desarrollar, las oportunidades que esta agenda puede generar tanto a nivel interno como externo, pero sobre todo la visión de esta agenda debe estar ligada a buscar un crecimiento económico satisfaciendo las demandas tecnológicas del país (Oken, Fisher, & Li, 2005).

Se puede resumir que para que un país crezca existen muchos factores, entre los cuales está la inversión en I+D. Adicionalmente se ha visto que el mercado que comercializa estas mercancías está plagado de fallas, las cuales impiden su normal funcionamiento al igual que su expansión. Por tal motivo es necesario un nivel de intervención del Estado a través de sus instituciones para que solucionen esas fallas e incentiven su desarrollo. Sin embargo para que esto ocurra es indispensable comprender como se genera el conocimiento y cuáles son sus principales agentes.

Para lograr este objetivo se puede aplicar la teoría de juegos. El planteamiento incluye a los principales actores del proceso generador de conocimiento como son: el Gobierno, la empresa y la universidad. Este planteamiento permitirá comprender cuál es el rol de cada uno de los jugadores y cómo debería ser la intervención del Gobierno a través de política pública e incentivos para la adecuada interacción entre los agentes y la maximización de la producción de conocimiento.

## CAPÍTULO II

### TEORÍA DE JUEGOS, MODELO ECONÓMICO Y ANÁLISIS

#### 2.1 Planteamiento a través de la teoría de Juegos:

El desarrollo de un país o su crecimiento económico constante dependerá de varios factores entre los cuales están: la acumulación de capital, contar con un adecuado recurso humano y sobre todo la generación de conocimiento a través de una adecuada inversión en I+D. Si nos centramos en el último de estos factores, es decir, la inversión en I+D, se podría afirmar que la misma proviene principalmente de tres agentes que son: Gobierno, empresa y universidad.

Cabe recalcar que la inversión en I+D que realizan estos agentes puede estar destinada a muchos campos o áreas. Sin embargo, este documento centra su interés en la generación de investigación aplicada, la cual se considera la más idónea para que un país como el Ecuador se desarrolle obteniendo un crecimiento económico sostenido en el tiempo. Esta reflexión proviene de la lógica de que la investigación aplicada tiene una implementación inmediata en la industria de un país, lo que no ocurre por ejemplo con la investigación básica. Para complementar este punto se presenta a continuación las definiciones de los dos tipos de investigación:

- Investigación básica: Es definida como aquella investigación que tiene “como fin ampliar el conocimiento científico, sin perseguir, en principio, ninguna aplicación práctica” (R. Academia de la Lengua Española).
- Investigación aplicada: “Consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico” (SENACYT, Indicadores de actividades científicas y tecnológicas Ecuador – 2009, 2009).

Con estos antecedentes, el Gobierno tendría como objetivo la maximización del PIB, ocasionando así un crecimiento económico del país mediante la generación de investigación aplicada.

El Gobierno deberá impulsar la producción de investigación aplicada, por parte de la universidad y la empresa, a través de la generación de políticas e incentivos adecuados para lograr este objetivo.

## **2.2 Contexto del Juego:**

El objetivo de utilizar la teoría de juegos es analizar cuáles son las políticas, incentivos y mecanismos más adecuados para que el Gobierno incremente los niveles de producción de investigación aplicada tanto de sus instituciones como de la empresa privada y universidad.

Para que este análisis sea efectivo es necesario presentar una descripción de cada uno de los jugadores y así establecer con claridad sus roles, estrategias e intereses.

### **2.2.1 Descripción de los jugadores:**

#### **2.2.1.1 Gobierno:**

Para que un país pueda obtener un crecimiento económico que le permita desarrollarse, es necesario crear un proceso continuo de generación de conocimiento y así mantenerse con un “estado de arte tecnológico” (Rodrik & Hausman, 2002), es decir, mantener siempre un nivel tecnológico de punta que permita ser competitivo a lo largo del tiempo. En este sentido el Gobierno juega un rol esencial para la consecución de este objetivo mediante una adecuada inversión tanto en investigación básica como aplicada.

Ya que el propósito del Gobierno sería la maximización del PIB, su rol dentro del juego es impulsar la producción de investigación aplicada a través de políticas, incentivos y estrategias adecuadas para los agentes productores de ese conocimiento que son; la empresa y la universidad. Sin embargo, al ser el Gobierno quien va a destinar recursos que impulsen la investigación aplicada a través de los otros dos agentes, es fundamental que éste conozca las estrategias y los intereses que tienen cada uno de ellos y así lograr la maximización del PIB.

El interés de este documento es modelar, a través de la teoría de juegos, la interacción y el comportamiento de los jugadores ante los incentivos planteados por el Gobierno y así determinar qué tan efectiva puede ser una determinada política o incentivo. Sin embargo, la

temática puede cambiar o se puede ampliar para cubrir otras áreas como por ejemplo, los bienes públicos.

#### **2.2.1.2 Universidad:**

A la universidad se le concibe como un agente generador de conocimiento que puede ser de dos tipos: de investigación básica y de investigación aplicada.

El posible comportamiento de la universidad al interactuar con el Gobierno, se define a partir de los siguientes supuestos:

- La investigación básica representa un mayor prestigio para la universidad ya que se puede publicar en revistas académicas, dando una mejor reputación a la universidad.
- Los conocimientos generados por la investigación básica pueden ser más rentables por sus posibles aplicaciones prácticas.
- La investigación básica requiere de una mayor investigación y es más costosa. Necesita recurso humano calificado e infraestructura de punta.
- La investigación aplicada representa un menor riesgo para la universidad y también puede ser muy rentable, según su nivel de comercialización.

Por estos motivos se puede suponer que la universidad puede tender a preferir la producción de la investigación básica sobre la aplicada, lo que plantea un reto mayor para el Gobierno, quien desea impulsar la investigación aplicada. Como el interés del Gobierno es maximizar el PIB y al conocer que su objetivo puede ser logrado a través de las universidades, este puede diseñar políticas e incentivos especializados que reviertan esa tendencia de producción de conocimiento básico.

Por otro lado, la universidad siempre querrá captar recursos adicionales que le permitan obtener una utilidad mayor que la que actualmente está percibiendo. Sin embargo, dependerá mucho del paquete de incentivos que ofrezca el Gobierno para que la universidad se interese en este proceso.

Entonces se convierte en un elemento clave el poder definir y evaluar cuales serían las estrategias e incentivos más adecuados que el Gobierno pueda ofertar a la universidad para que ésta incremente su producción de investigación aplicada y no utilice esos recursos en la

generación de investigación básica. Esto se establece a partir de la función objetivo de la universidad, en la siguiente sección.

### 2.2.1.2.1 Función objetivo de la universidad:

Esta sección se la dividirá en dos partes: en la primera se presenta el desarrollo matemático para la obtención de la función objetivo y, en la segunda se introduce el problema de maximización y su solución.

#### Desarrollo de la función objetivo:

La universidad tiene dos opciones para escoger el tipo de conocimiento que quiere generar: investigación aplicada (IA) e investigación básica (IB).

Ya que este tipo de inversión mantiene un riesgo en su realización es necesario establecer una clara diferencia entre el número de investigaciones emprendidas y el número de investigaciones exitosas. Por tal motivo se asume que IA e IB son el número de investigaciones exitosas, y que #IA y #IB son el número de investigaciones emprendidas. Por lo tanto se plantea la siguiente igualdad:

$$\begin{aligned} IA &= (\#IA)^\gamma \\ IB &= (\#IB)^\delta \end{aligned}$$

Donde,  $\gamma_E$  y  $\delta_E$  señalan el éxito de las inversiones realizadas en #IA y #IB respectivamente y,  $\gamma_F$  y  $\delta_F$  señalan el fracaso de estas. Adicionalmente  $\gamma$  y  $\delta$  son variables aleatorias e independientes, que responden al siguiente comportamiento:

$$\begin{aligned} \gamma &= \begin{cases} \gamma_E = 1; & \text{con probabilidad } \pi_a \\ \gamma_F < 1; & \text{con probabilidad } (1 - \pi_a) \end{cases} \\ \delta &= \begin{cases} \delta_E = 1; & \text{con probabilidad } \pi_b \\ \delta_F = 1; & \text{con probabilidad } (1 - \pi_b) \end{cases} \end{aligned}$$

El contar con estas variables aleatorias permite calibrar de mejor manera el comportamiento de la inversión en investigaciones.

La función de utilidad de la Universidad sería la siguiente:

$$U_{(IA,IB)} = (\#IA)^{\gamma\alpha} (\#IB)^{\delta\beta}$$

Donde:

$IA$  = Número de investigaciones aplicadas exitosas

$IB$  = Número de investigaciones básicas exitosas

$(\#IA)$  = Número de investigaciones aplicadas emprendidas

$(\#IB)$  = Número de investigaciones básicas emprendidas

$\alpha$  y  $\beta$  = Elasticidades de  $\#IA$  y  $\#IB$ , respectivamente

$\gamma$  y  $\delta$  = Variables aleatorias

La restricción del problema se plantea con la dotación de recursos disponibles, esto se expresa de la siguiente forma:

$$w = P_{IA}(\#IA) + P_{IB}(\#IB)$$

Donde:

$(\#IA)$  = Número de investigaciones Aplicadas emprendidas

$(\#IB)$  = Número de investigaciones Básicas emprendidas

$P_{IA}$  = Precio de la investigación aplicada emprendida

$P_{IB}$  = Precio de la investigación básica emprendida

$w$  = Recursos disponibles = Recursos propios + Recursos del Estado

Es necesario mencionar que el problema de maximización involucraría un tratamiento de la función objetivo como una utilidad esperada, ya que se incluyen las variables aleatorias descritas anteriormente y permiten modelar el número de investigaciones aplicadas y básicas exitosas que se pudiesen obtener, lo que provocaría una variación en la utilidad de este agente, según el comportamiento de estas variables.

Antes de plantear el problema de maximización, se consideró por facilidad transformar la función a logaritmos, por tal motivo la función objetivo se expresa de la siguiente manera:

$$\ln(U_{(IA,IB)}) = \ln((\#IA)^{\gamma\alpha}(\#IB)^{\delta\beta}) = \alpha \gamma_E \ln(\#IA) + \beta \delta_E \ln(\#IB)$$

Con estos antecedentes es factible realizar la maximización de la utilidad esperada de la universidad sujeta a la restricción presupuestaria y así obtener las cantidades de  $\#IA$  y  $\#IB$  que maximicen ese beneficio. Este desarrollo permite analizar el comportamiento de este agente a los posibles incentivos provenientes por parte del Gobierno y, que modificaría la

restricción presupuestaria ya que incrementa los recursos disponibles. A continuación se presenta el problema de maximización de este agente.

### Problema de maximización de la utilidad esperada de la universidad:

La función objetivo que incluye la restricción presupuestaria se expresa:

$$\begin{aligned}
 UE_{(IA,IB)} = & (\pi_a * \pi_b)[\alpha \gamma_E \ln(\#IA) + \beta \delta_E \ln(\#IB)] \\
 & + ((1 - \pi_a) * \pi_b)[\alpha \gamma_F \ln(\#IA) + \beta \delta_E \ln(\#IB)] \\
 & + (\pi_a * (1 - \pi_b))[\alpha \gamma_E \ln(\#IA) + \beta \delta_F \ln(\#IB)] \\
 & + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b))[\alpha \gamma_F \ln(\#IA) + \beta \delta_F \ln(\#IB)] \\
 & - \lambda(P_{IA}(\#IA) + P_{IB}(\#IB) - w)
 \end{aligned}$$

Para poder calcular la máxima utilidad esperada de la universidad, es necesario obtener las condiciones de primer orden tanto para ( $\#IA$ ) como para ( $\#IB$ ).

### Condiciones de primer orden

#### C.P.O de ( $\#IA$ ):

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial UE_{(IA,IB)}}{\partial (\#IA)} = & (\pi_a * \pi_b) \left[ \frac{\alpha \gamma_E}{(\#IA)} \right] + (\pi_a * (1 - \pi_b)) \left[ \frac{\alpha \gamma_E}{(\#IA)} \right] + ((1 - \pi_a) * \pi_b) \left[ \frac{\alpha \gamma_F}{(\#IA)} \right] \\
 & + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b)) \left[ \frac{\alpha \gamma_F}{(\#IA)} \right] - \lambda(P_{IA}) = 0
 \end{aligned}$$

#### C.P.O de $IB$ :

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial UE_{(IA,IB)}}{\partial (\#IB)} = & (\pi_a * \pi_b) \left[ \frac{\beta \delta_E}{(\#IB)} \right] + ((1 - \pi_a) * \pi_b) \left[ \frac{\beta \delta_E}{(\#IB)} \right] + (\pi_a * (1 - \pi_b)) \left[ \frac{\beta \delta_F}{(\#IB)} \right] \\
 & + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b)) \left[ \frac{\beta \delta_F}{(\#IB)} \right] - \lambda(P_{IB}) = 0
 \end{aligned}$$

#### C.P.O de $\lambda$ :

$$\frac{\partial UE_{(IA,IB)}}{\partial \lambda} = P_{IA}(\#IA) + P_{IB}(\#IB) - w = 0$$

Resolviendo este sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas es posible obtener los óptimos para (#IA) e (#IB), los cuales se presentan a continuación:

$$(\#IA)^* = \frac{((\pi_a * \pi_b) + (\pi_a * (1 - \pi_b)))\alpha \gamma_E + (((1 - \pi_a) * \pi_b) + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b)))\alpha \gamma_F}{((\pi_a * \pi_b) + (\pi_a * (1 - \pi_b)))(\alpha \gamma_E + \beta \delta_E) + (((1 - \pi_a) * \pi_b) + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b)))(\alpha \gamma_F + \beta \delta_F)} \frac{w}{P_{IA}}$$

$$(\#IB)^* = \frac{((\pi_a * \pi_b) + ((1 - \pi_a) * \pi_b))\beta \delta_E + ((\pi_a * (1 - \pi_b)) + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b)))\beta \delta_F}{((\pi_a * \pi_b) + ((1 - \pi_a) * \pi_b))(\alpha \gamma_E + \beta \delta_E) + ((\pi_a * (1 - \pi_b)) + ((1 - \pi_a) * (1 - \pi_b)))(\alpha \gamma_F + \beta \delta_F)} \frac{w}{P_{IB}}$$

Una vez que se ha concluido con el desarrollo y maximización de la función objetivo de la universidad, es necesario iniciar con la descripción del otro jugador que es la empresa.

### 2.2.1.3 Empresa:

Si se continúa con el planteamiento de que el Gobierno busca el crecimiento del país a través de la maximización del PIB y utiliza como mecanismo el fomento de la producción de investigación aplicada por su inmediata implementación en la industria, se podría concluir que la empresa debería convertirse en un aliado estratégico en el objetivo planteado por el Gobierno.

Se debe recordar que la empresa por su misma concepción siempre busca la maximización de su beneficio. Es necesario adicionalmente recordar el planteamiento de este agente en el marco teórico; en el cual la empresa para poder mantener sus niveles de competitividad siempre necesitará de desarrollos tecnológicos que incrementen sus utilidades mediante la reducción de costos o la generación de nuevos productos. Estos desarrollos pueden provenir de investigaciones propias (inversión propia en I+D), de la adquisición de tecnologías ya desarrolladas (stock de capital) o de desarrollos producidos por otras empresas (externalidades). Sin embargo, en el último caso la empresa estará destinada a tener una posición de “seguidora” en el mercado mas no la líder en la industria. Finalmente esta tendencia de seguidora puede ser revertida con una adecuada inversión en stock de capital e I+D ya que alcanzaría ventajas competitivas respecto a sus competidores.

Uno de los mecanismos para que una empresa pueda incrementar sus utilidades será invertir en inversiones seguras como la adquisición de tecnología, la cual permite una acumulación de capital. Otro mecanismo es la inversión en actividades de I+D. Sin embargo, para que se realice el segundo tipo de inversión se necesita de un conjunto de acciones

interinstitucionales que aseguren su ejecución. Por ejemplo, si los desarrollos no gozaran de protección a través de patentes o de propiedad intelectual no existiría ningún incentivo para invertir en I+D.

La inversión en proyectos de I+D tiene un riesgo mayor que cualquier otro tipo de inversión debido a la incertidumbre en su realización, es decir, por ejemplo si los proyectos de investigación fracasan, esto provocaría una baja en la rentabilidad de la empresa, por tal motivo este agente se ve desincentivado para invertir en este tipo de actividad.

La relación que debe existir entre la empresa y el Gobierno debe ser muy estrecha, ya que el Gobierno juega un rol esencial brindando el marco jurídico que proteja esos desarrollos tecnológicos y otorgando incentivos que fomenten la producción en investigación aplicada. El rol de la Empresa será aprovechar todos los incentivos otorgados por el Gobierno para mantener su nivel de competitividad, que puede darse mediante una inversión en stock de capital o en investigación aplicada.

Ya que el interés de este documento es que el Gobierno maximice el PIB y que por lo tanto incentive la investigación aplicada como instrumento para lograr su objetivo, este deberá desarrollar las estrategias e incentivos más adecuados para que las empresas utilicen estos recursos en I+D y no para otras inversiones.

Los supuestos con los que va a interactuar la empresa en el juego son los siguientes:

- Los proyectos en I+D generalmente son costosos por lo que el beneficio de la firma tenderá a la baja si el proyecto no es exitoso.
- Debido al riesgo de los proyectos y su posible pérdida de beneficios, la empresa no presenta mucho interés en desarrollarlos.
- El Gobierno al querer maximizar el PIB y fomentar la investigación aplicada, puede asumir parte de ese riesgo a través de algún tipo de incentivo.

Con estos supuestos, la empresa jugará con el objetivo de captar algún tipo de incentivo del Gobierno que le permita desarrollar proyectos de I+D e intentar minimizar el riesgo que esta inversión conlleva.

### 2.2.1.3.1 Función objetivo de la empresa:

La empresa maximizará su inversión de acuerdo a las dos opciones que tiene: a) invertir en stock de capital, lo que no implica riesgo; o, b) invertir en investigación aplicada, que conlleva un nivel de riesgo en su realización. Para lograr este objetivo se plantea un modelo de un solo período donde se asume que la empresa recibe recursos que debe destinarlos a algún tipo de inversión, estos tipos de inversión se describen a continuación:

- $IC$  = Inversión en stock de capital.

La empresa tiene la opción de invertir en conocimiento ya generado por terceros, es decir, adquirir nuevas tecnologías o desarrollos especializados para su industria, sin la necesidad de incurrir en procesos de investigación propios disminuyendo el riesgo de su inversión.

- Inversión en conocimiento:

Esta opción requiere que la empresa genere su propio conocimiento mediante la inversión en proyectos de investigación aplicada. Por tal motivo, es necesario, al igual que la universidad, establecer la diferencia entre el número de investigaciones aplicadas emprendidas y el número de investigaciones aplicadas exitosas:

$$IA = (\theta(\#IA))^\tau$$

Donde:

$IA$  = Número de investigaciones aplicadas exitosas

$\#IA$  = Número de investigaciones aplicadas emprendidas

$\tau$  = Elasticidad

$\theta$  = Variable aleatoria que respresenta el éxito o fracaso de  $\#IA$ . Esta presenta el siguiente comportamiento:

$$\theta = \begin{cases} \theta_E = 1; & \text{con probabilidad } p \\ \theta_F < 1; & \text{con probabilidad } (1 - p) \end{cases}$$

Con este desarrollo es posible plantear la función del conocimiento, que estaría expresada de la siguiente manera:

$$S_1 = (\theta(\#IA))^\tau$$

Donde  $S_1$  es el Stock de conocimiento de la empresa en ese período.

La función de producción de la empresa se expresaría:

$$(1) Y = IC * S_1$$

La restricción presupuestaria a la que estará sujeto el problema de maximización de la función objetivo (1), es la siguiente:

$$(2) w = C_{IC}IC + C_{IA}(\#IA)$$

Donde:

$w = \text{recursos propios} + \text{recursos del Gobierno.}$

$C_{IC} = \text{Costo de inversión en stock de capital}$

$C_{IA} = \text{Costo de inversión en investigación aplicada}$

Este planteamiento modela la producción de la empresa en términos de stock de capital o de investigación aplicada según una cierta cantidad de recursos económicos disponibles. Esto permite evaluar la efectividad de los diferentes incentivos que otorgaría el Gobierno, cuyo objetivo es producir la mayor cantidad de investigaciones aplicadas posibles y que sus recursos no sean destinados a aumentar el stock de capital de la empresa. Adicionalmente, modela la incertidumbre que existe en las inversiones realizadas en investigaciones aplicadas a través de la variable aleatoria de #IA, y que influye directamente en la rentabilidad de este agente.

### **Problema de maximización de la Empresa:**

Una vez que se ha desarrollado y definido la función objetivo de la empresa (1) y realizado el reemplazo de  $S_1$  por su igualdad, el problema de maximización de la producción de la empresa se expresaría de la siguiente forma.

$$\mathbf{Max.} Y(E) = p IC (\theta_E(\#IA))^\tau + (1 - p)IC(\theta_F(\#IA))^\tau$$

$$\mathbf{s.a.} w = C_{IC}IC + C_{IA}IA$$

El lagrangeano se expresaría:

$$Y(E) = p IC (\theta_E(\#IA))^\tau + (1 - p)IC(\theta_F(\#IA))^\tau - \lambda(C_{IC}IC + C_{IA}IA - w)$$

### Condiciones de primer orden:

#### C.P.O para (#IA):

$$\frac{\partial Y(E)_{(IC,IA)}}{\partial (\#IA)} = p[IC\theta_E^\tau \tau (\#IA)^{\tau-1}] + (1-p)[IC\theta_F^\tau \tau (\#IA)^{\tau-1}] - \lambda(c_{IA}) = 0$$

#### C.P.O para IC:

$$\frac{\partial YE_{(IC,IA)}}{\partial IC} = p[\theta_E^\tau (\#IA)^\tau] + (1-p)[\theta_F^\tau (\#IA)^\tau] - \lambda(c_{IC}) = 0$$

#### C.P.O para $\lambda$ :

$$\frac{\partial YE_{(IC,IA)}}{\partial \lambda} = C_{IC}IC + C_{IA}(\#IA) - w = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtienen los valores de #IA e IC que maximizan la producción, estos están dados por:

$$IA^* = \frac{\tau w}{c_{IA}(1 + \tau)}$$

$$IC^* = \frac{w}{c_{IC}(1 + \tau)}$$

Con estos elementos, es posible plantear el juego que se desarrolla en la siguiente sección:

### 2.3 Planteamiento de juegos:

En esta sección se analizan dos juegos para evaluar el problema de investigación planteado:

- Gobierno – universidad
- Gobierno – empresa

Se considera que existen dos tipos de equilibrios que reflejan el comportamiento del juego y que permiten obtener la mejor respuesta posible. Estos equilibrios son: equilibrio de Nash y equilibrio perfecto de Nash. La principal diferencia entre estos dos tipos de equilibrios es que el primero proviene de una forma de juego normal o estratégica y el segundo proviene de un juego presentado en una forma extensiva. La ventaja de presentar el juego de forma extensiva es que es posible incluir los diferentes movimientos que este puede tener, el orden de cada jugador y las estrategias de cada uno de ellos. Adicionalmente, cada jugador conoce en que nodo se encuentra, al menos que se planteen nodos sin un set de

información lo que lo convertiría en un movimiento simultáneo con el nodo anterior. Finalmente, es posible incluir distribuciones de probabilidades para eventos exógenos que pueda darse en el juego (Fudenberg & Tirole, 1992).

Este documento plantea que cada juego sea simultáneo, es decir, los dos agentes escogen sobre sus estrategias al mismo tiempo. Esto se debe, a que no se introduce un espacio de negociación entre los dos jugadores lo que elimina la posibilidad de un juego por etapas. Sin embargo se considera necesario resolverlos obteniendo tanto el equilibrio de Nash como el equilibrio perfecto de Nash ya que el segundo elimina la posibilidad de tener varios equilibrios por su metodología de solución que es la inducción hacia atrás.

### **2.3.1 Juego Gobierno - universidad:**

Si partimos del supuesto que el Gobierno ofrecerá recursos para el impulso de la investigación aplicada, sería poco probable que la universidad rechace estos recursos, por tal motivo el juego se presenta de la siguiente forma. Se trata de un juego simultáneo, donde el Gobierno ofrece recursos para la investigación aplicada y la universidad debe decidir si invierte en investigación básica o aplicada. Esto permite modelar las posibles formas de entregar recursos por parte del Gobierno, es decir, las posibles políticas que incentiven el desarrollo de esta actividad, las cuales son las siguientes:

- Subsidios y/o créditos tributarios.
- Fondos dirigidos, por ejemplo: fondos concursables.

Finalmente, el juego se lo resuelve mediante las matrices de pagos obtenidas de las diferentes simulaciones.

### **Simulaciones y análisis:**

Antes de iniciar con el análisis es necesario plantear un breve resumen de cada uno de los posibles incentivos, para comprender mejor su ámbito de acción.

- **Subsidios y/o créditos tributarios:**

Son una de las formas más comunes de incentivar la inversión en I+D, ya que el aplicante recibiría una mayor cantidad de recursos, los cuales los puede destinar para la generación de conocimiento. *“El subsidio generalmente es otorgado a través de: inversión en patrimonio, crédito subsidiado, garantías estatales”* (Takalo, 2009: pg.

13). La finalidad de este tipo de incentivo es motivar a las universidades a invertir más en I+D de lo que normalmente invertirían sin el apoyo Estatal. Los subsidios son muy buenos para impulsar la innovación ex ante y también apoyar su aplicación y difusión ex post, ya que no restringen la utilización de esos desarrollos ya que su autoría es compartida entre el beneficiario del subsidio y el Gobierno (Takalo, 2009).

Por otro lado, existen los créditos tributarios, los cuales intentan reducir los costos marginales de las actividades de I+D e impulsar su desarrollo. Se considera que un sistema correctamente diseñado de crédito fiscal podría ser bastante eficaz en la provisión de incentivos a la inversión en conocimiento. Sin embargo, esta política a pesar de ser positiva para la inversión ex ante representa un verdadero reto en la difusión de estos conocimientos, ya que generalmente son protegidos por leyes de propiedad intelectual. Este mecanismo es beneficioso para las firmas que desarrollan conocimiento mas no para toda la industria (Takalo, 2009).

La debilidad de las políticas de subsidios o créditos tributarios se presenta en la falencia del Gobierno para poder controlar exactamente dónde invierte el agente esos recursos adicionales. Esto sucede ya que estos recursos usualmente no están condicionados a un control o supervisión del Gobierno de una forma muy estricta, lo que puede incentivar al agente a querer obtener el subsidio, sin realmente desarrollar proyectos en I+D. (Takalo, 2009)

Por estos motivos, para que estas políticas sean positivas es necesario establecer mecanismos que transparenten esa inversión por parte de los receptores y adicionalmente contar con equipos especializados del Gobierno para establecer la pertinencia de la utilización de los recursos provenientes de estos incentivos.

- **Fondos dirigidos (fondos públicos):**

Generalmente se da a través de: fondos no reembolsables, fondos concursables no reembolsables, subsidios en proyectos específicos, entre otros. Este es un mecanismo muy eficiente para motivar la inversión ex ante y no presenta las dificultades que tienen los créditos tributarios para la difusión de los conocimientos generados (ex post). Esto se da, ya que el otorgante de los fondos es capaz de establecer mecanismos legales y operativos que garanticen una apropiada utilización de esos recursos. Adicionalmente, este puede establecer el porcentaje de propiedad sobre los hallazgos

producidos. Sin embargo, un punto en contra de esta política es la capacidad del otorgante para determinar si los proyectos propuestos son los más importantes para los objetivos que se quieren lograr como país. Entonces, si en este caso hablamos del Gobierno, es necesario que este agente cuente con un recurso humano capacitado en las áreas que se van a otorgar los fondos o contar con un equipo multidisciplinario que permita evaluar la importancia del proyecto propuesto. Otro factor que influye en el éxito o fracaso es la eficacia, eficiencia y honestidad del servidor público, el cual al final del día aprueba los proyectos a ser financiados (Takalo, 2009).

### **Análisis del Juego Gobierno – Universidad:**

Para todas las simulaciones de este juego se utilizaron los siguientes datos<sup>1</sup>:

$$\pi_a = 80\%$$

$$\pi_b = 75\%$$

$$w = 100$$

$$\alpha = 0.8$$

$$\beta = 0.2$$

$$P_{IA} = 3$$

$$P_{IB} = 4$$

### **Las estrategias de los jugadores son:**

**Universidad:** Su rol es producir conocimiento de dos tipos: investigación aplicada o básica.

$\{((\#IA), (\#IB))\}$

**Gobierno:** Su rol es el de incentivar la generación de investigación aplicada, por lo que se plantean las siguientes estrategias:

$\{ \textit{Subsidio o crédito tributario}$   
 $\textit{Fondos dirigidos (financiamiento de proyectos)} \}$

---

<sup>1</sup> Es importante recalcar que el objetivo de este documento es el desarrollo de una metodología para abordar la falta de inversión en I+D en el Ecuador y cómo reacciona cada agente a estímulos provenientes del Gobierno para incrementar la generación de conocimiento aplicado. Los datos empleados responden a una estimación subjetiva del comportamiento de los proyectos de investigación en el país. Generalmente estos proyectos reciben un seguimiento y monitoreo por etapa de investigación, lo que incrementa sus posibilidades de éxito. La probabilidad es mayor en el caso de investigaciones aplicadas ya que su plan no varía en la misma proporción que los proyectos de investigación básica. Los precios relativos son planteados sobre los recursos que puede recibir un agente, en este caso la universidad, y el número de investigaciones aplicadas y básicas que desarrolla. Adicionalmente se plantearon tres tipos de precios relativos presentando un comportamiento similar por lo que se consideró innecesario presentarlos en este documento ya que no aporta al análisis. Para su aplicación práctica se deberá calibrar los valores según la realidad que se observe, a través de metodologías objetivas de cálculo.

### **Supuestos sobre las estrategias del Gobierno y universidad:**

- Se asume costos adicionales a los montos requeridos para las investigaciones, los cuales varían según el incentivo a utilizar. La lógica para estos costos es la siguiente: los costos adicionales de los subsidios y créditos tributarios son generados por trámites necesarios para que un solicitante reciba la aprobación a fin de ser receptor de incentivos. En el caso de los fondos dirigidos, estos costos adicionales son generados por los equipos o el personal que realiza tanto la calificación de los proyectos como su seguimiento y monitoreo.

A continuación se presentan las simulaciones realizadas:

Simulaciones:

Tabla 3. Simulaciones del juego Gobierno- universidad con  $\alpha = 0.8$  y  $\beta = 0.2$

		$\Phi =$ Subsidio/crédito tributario				#IA = IA(propias)+IA(Gobierno) IA (Gobierno) = $Wg/Pia$				#IA = IA(propias)+IA(Gobierno) IA (Gobierno) = $Wg/(Pia*(1-\varepsilon))$ $\varepsilon =$ % contraparte Universidad				#IA = IA(propias)+IA(Gobierno) IA (Gobierno) = $Wg/(Pia*(1-\varepsilon))$ $\varepsilon =$ % contraparte Universidad				
						Cofinanciamiento 100% del Gobierno				Cofinanciamiento 80% del Gobierno				Cofinanciamiento 60% del Gobierno				
						Wg = Fondos Dirigidos del Gobierno				Wg = Fondos Dirigidos del Gobierno				Wg = Fondos Dirigidos del Gobierno				
Producción de conocimiento	w = 100	0%	20%	30%	40%	0	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67	
		Pia	3.00	2.40	2.10	1.80	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.40	2.40	2.40	3.00	1.80	1.80	1.80
		Pib	4.00	3.20	2.80	2.40	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
		#IA*	26.67	33.33	38.10	44.44	26.67	33.33	38.10	44.45	26.67	33.66	38.67	45.33	26.67	35.11	41.14	49.19
		#IB*	5.00	6.25	7.14	8.33	5.00	6.25	7.14	8.33	5	6.00	6.71	7.6668	5	5.75	6.29	7.00
<b>Costo para el Gobierno</b>																		
Subsidio/Crédito al precio	#IA*	0.00	0.60	0.90	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	#IB*	0.00	0.80	1.20	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Costos Operativos	#IA*	0%	2%	2%	2%	0%	4%	4%	4%	0%	4%	4%	4%	0%	4%	4%	4%	
	#IB*	0%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Costo Total Subsidio		0.00	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67	
Costo Total Operativo		0.00	0.50	0.86	1.33	0	1.00	1.71	2.67	0	1.00	1.71	2.67	0	1.00	1.71	2.67	
<b>Costo Total Gobierno</b>		<b>0.00</b>	<b>25.50</b>	<b>43.71</b>	<b>68.00</b>	<b>0</b>	<b>26.00</b>	<b>44.57</b>	<b>69.34</b>	<b>0</b>	<b>26.00</b>	<b>44.57</b>	<b>69.34</b>	<b>0</b>	<b>26.00</b>	<b>44.57</b>	<b>69.34</b>	
<b>Costo x investigación Adicional de #IA</b>		<b>0.00</b>	<b>3.83</b>	<b>3.83</b>	<b>3.83</b>	<b>0</b>	<b>3.90</b>	<b>3.90</b>	<b>3.90</b>	<b>0</b>	<b>3.71</b>	<b>3.71</b>	<b>3.71</b>	<b>0</b>	<b>3.08</b>	<b>3.08</b>	<b>3.08</b>	

Fuente: El Autor

En tabla 3 se detallan todos los datos necesarios para resolver el juego. Entre estos datos están los precios de #IA e #IB, los valores máximos de #IA\* e #IB\* y los dos tipos de entrega de recursos que puede usar el Gobierno, que son: subsidios o créditos tributarios y fondos dirigidos. Para la primera política se establecen tasas de subsidios y créditos tributarios que van desde el 20% hasta un 40%. Para el caso de los fondos dirigidos se utilizan los mismos recursos que si se los invirtieran a través de los subsidios. Como se mencionó anteriormente esto permite evaluar tanto la mejor política a aplicar por parte del Gobierno como el destino que da la universidad a estos recursos. Finalmente, antes de presentar los resultados se menciona que si bien en la tabla 3 se asumen tasa fijas para los costos adicionales, en la resolución de los juegos se usaron los siguientes rangos: para el caso del subsidio y/o crédito tributario desde el 0% hasta un 3.9%, ya que esta política no requiere de ningún monitoreo y fiscalización sino únicamente una calificación del beneficiario para recibir el incentivo. En el caso de los fondos dirigidos, el rango de esos costos adicionales va desde el 4% en adelante, estos costos representan la calificación de los proyectos a financiar y el monitoreo y fiscalización que se requiere para revisar el buen uso de fondos y el cumplimiento de los objetivos.

Con estos antecedentes, los resultados son los siguientes:

**Tabla 4. Equilibrios perfectos de Nash del juego Gobierno-universidad**

	Resultado 1		Resultado 2		Resultado 3	
	Fondos Dirigidos (100%)	Subsidio / crédito Tributario (20%)	Fondos Dirigidos (80%)	Subsidio / crédito Tributario (20%)	Fondos Dirigidos (60%)	Subsidio / crédito Tributario (20%)
Costos Adicionales	4%	0%-3.9%	4% - 6.5%	2%	4% - 7%	2%
Numero de #IA	33.33	33.33	33.67	33.33	35.11	33.33
Costo para Gobierno de #IA adicional	3.90	3.75 - 3.89	3.72 - 3.81	3.82	3.80 - 3.827	3.83
<b>Equilibrio (política adecuada)</b>	<b>Subsidios / Créditos Tributarios (20%)</b>		<b>Fondos Dirigidos (80%)</b>		<b>Fondos Dirigidos (60%)</b>	

Fuente: El Autor.

Cuando se entrega un subsidio o crédito tributario del 20% (el mismo comportamiento se verifica para el subsidio o crédito tributario del 30% o 40%) se obtiene un equilibrio perfecto de Nash que coincide con el equilibrio de Nash, pero la política que los genera cambia debido a los costos adicionales descritos anteriormente. El primer equilibrio perfecto de Nash lo provoca los subsidios y créditos tributarios, siendo esta la mejor estrategia para el Gobierno siempre y cuando sus costos adicionales se mantengan en un rango del 0% al 3.9% de la inversión requerida para desarrollar la investigación. Adicionalmente, el Gobierno a través

de los fondos dirigidos debe cubrir en un 100% la inversión requerida y sus costos adicionales deben ser mayores al 4%. Es importante mencionar que la producción de investigaciones aplicadas coincide en los dos tipos de incentivos cuando el Gobierno cubre al 100% el costo de la inversión de las investigaciones aplicadas, ya que al tener cubiertas un cierto número de investigaciones aplicadas con los recursos del Gobierno, la universidad asigna una mayor cantidad de sus recursos para la producción de investigaciones básicas.

El equilibrio perfecto de Nash cambia a favor de los fondos dirigidos cuando los recursos a ser invertidos por parte del Gobierno requieren una contraparte de la universidad. En este caso se puede apreciar que la producción de investigaciones aplicadas aumenta y que el costo para el Gobierno disminuye considerablemente. En el caso en que la universidad aporta con el 20% de la inversión, el equilibrio de los fondos dirigidos se mantiene incluso si sus costos adicionales llegan al 6%, siempre y cuando los costos adicionales del subsidio y crédito tributario sean mayores o iguales al 2%. De igual manera, si se aumenta la contraparte de la universidad a un 40% el margen de sostener el equilibrio a favor de los fondos dirigidos aumenta a un 7% de costos adicionales, manteniendo un costo adicional de un 2% o más para la política de subsidios.

Estos resultados permiten concluir que los costos adicionales se convierten en un factor crítico en el momento de evaluar cuál es el mejor incentivo que el Gobierno puede utilizar para impulsar la generación de investigaciones aplicadas. Por tal motivo, se requiere un diseño adecuado de cada incentivo considerando todas las estrategias posibles para reducir estos costos adicionales que pueden provocar un cambio en el equilibrio perfecto de Nash. Finalmente el incentivo que presenta una mayor holgura en el manejo de los costos adicionales es el de fondos dirigidos, siempre y cuando este mecanismo contemple una contraparte de las universidades.

### 2.3.2 Juego Gobierno-empresa:

Si continuamos con el supuesto de que el Estado ofrecerá recursos para el impulso de la investigación aplicada, sería poco probable que la empresa rechace estos recursos, por tal motivo se plantea un juego simultáneo donde el Gobierno ofrece recursos y la empresa deberá destinarlos para sus dos tipos de inversiones.

#### Análisis de Juego Gobierno - Empresa:

Los datos usados para las simulaciones y evaluación de los juegos, son los siguientes<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned}p &= 0.7 \\1 - p &= 0.3 \\w &= 100 \\\tau &= 0.8 \\P_{IA} &= 5 \\P_{IC} &= 4\end{aligned}$$

#### Las estrategias de los jugadores son:

**Empresa:** Su rol es invertir los recursos en stock de capital o en investigación aplicada.

{(IC, (#IA))

**Gobierno:** Su rol es incentivar la generación de investigación aplicada, por lo que se plantean las siguientes estrategias.

{*Subsidio o crédito tributario*  
{*Fondos dirigidos (financiamiento de proyectos)*

---

<sup>2</sup> Estas estimaciones subjetivas responden a la naturaleza del accionar de la empresa. La probabilidad de éxito se la ha considerado del 70% ya que, si bien estos proyectos reciben un seguimiento y monitoreo que incrementa sus posibilidades de éxito, su colchón de ajuste es mucho menor que el de la universidad debido a que los objetivos de la investigación no pueden cambiar ya que carecerían de utilidad para la empresa que ejecuta el proyecto. Los precios relativos responden a recursos que recibe este agente y el número de proyectos que ejecuta. Se plantearon tres precios diferentes obteniendo el mismo comportamiento por lo que se excluyó, nuevamente, su presentación en este documento. El precio se consideró mayor para la investigación aplicada ya que incluye gastos de personal y de desarrollo contra la adquisición directa de tecnología existente. Al igual que para la universidad, estos valores deben ser ajustados con cálculos objetivos que reflejen el escenario que se quiera representar.

### **Supuestos de las estrategias del juego entre Gobierno y empresa:**

- Bajo la misma lógica que se observa en el juego entre Gobierno y universidad, se asumen costos adicionales a los montos requeridos para las investigaciones. Se los repite en esta sección para facilidad del lector. Los costos adicionales de los subsidios y créditos tributarios son generados por trámites necesarios para que un solicitante reciba la aprobación a fin de ser receptor de incentivos. En el caso de los fondos dirigidos, estos costos adicionales son generados por los equipos o el personal que realiza tanto la calificación de los proyectos como su seguimiento y monitoreo.

Simulaciones:

Tabla 5. Simulaciones del juego Gobierno-empresa con  $\tau = 0.8$

		$\Phi =$ Subsidio/crédito tributario				#IA = IA(propias)+IA(Gobierno) IA (Gobierno) = $Wg/Pia$				#IA = IA(propias)+IA(Gobierno) IA (Gobierno) = $Wg/(Pia*(1-\mathcal{E}))$ $\mathcal{E} =$ % contraparte Universidad				#IA = IA(propias)+IA(Gobierno) IA (Gobierno) = $Wg/(Pia*(1-\mathcal{E}))$ $\mathcal{E} =$ % contraparte Universidad			
						Cofinanciamiento 100% del Gobierno Wg = Fondos Dirigidos del Gobierno				Cofinanciamiento 80% del Gobierno Wg = Fondos Dirigidos del Gobierno				Cofinanciamiento 60% del Gobierno Wg = Fondos Dirigidos del Gobierno			
		0%	20%	30%	40%	0	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67	0	25.00	42.86	66.67
Producción de conocimiento	w = 100																
	Pia	5.00	4.50	4.00	3.50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00
	Pic	4.00	3.60	3.20	2.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	#IA*	<b>8.89</b>	<b>9.88</b>	<b>11.11</b>	<b>12.70</b>	<b>8.89</b>	<b>9.88</b>	<b>11.11</b>	<b>12.70</b>	<b>8.89</b>	<b>9.93</b>	<b>11.22</b>	<b>12.89</b>	<b>8.89</b>	<b>10.14</b>	<b>11.7</b>	<b>13.71</b>
	#IC*	13.89	15.43	17.36	19.84	13.89	15.43	17.36	19.84	13.89	15.12	16.67	18.65	13.89	14.81	15.97	17.46
<b>Costo para el Gobierno</b>																	
Subsidio/Crédito al precio	#IA*	0.00	0.50	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	#IC*	0.00	0.40	0.80	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Costos Operativos	#IA*	0%	2%	2%	2%	0%	4%	4%	4%	0%	4%	4%	4%	0%	4%	4%	4%
	#IC*	0%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Costo Total Subsidio		0.00	11.11	25.00	42.86	0.0	11.11	25.00	42.86	0.0	11.11	25.00	42.86	0.0	11.11	25.00	42.86
Costo Total Operativo		0.00	0.22	0.50	0.86	0.0	0.44	1.00	1.71	0.0	0.44	1.00	1.71	0.0	0.44	1.00	1.71
<b>Costo Total Gobierno</b>		<b>0.00</b>	<b>11.33</b>	<b>25.50</b>	<b>43.71</b>	<b>0.0</b>	<b>11.55</b>	<b>26.00</b>	<b>44.57</b>	<b>0.0</b>	<b>11.55</b>	<b>26.00</b>	<b>44.57</b>	<b>0.0</b>	<b>11.55</b>	<b>26.00</b>	<b>44.57</b>
<b>Costo x investigación Adicional de #IA</b>		<b>0.00</b>	<b>11.47</b>	<b>11.47</b>	<b>11.47</b>	<b>0.0</b>	<b>11.70</b>	<b>11.70</b>	<b>11.70</b>	<b>0.0</b>	<b>11.14</b>	<b>11.14</b>	<b>11.14</b>	<b>0.0</b>	<b>9.237</b>	<b>9.23</b>	<b>9.23</b>

Fuente: El Autor

La tabla 5 resume todos los datos necesarios para resolver el juego. Se mantiene el porcentaje de los costos adicionales de cada política como tasa fija de 2% y el rango de costos adicionales del 0% al 3.9% para el caso de subsidios y créditos tributarios; y, para el caso de fondos dirigidos los costos adicionales se establecen en el rango del 4% en adelante. Adicionalmente, las tasas de los subsidios van desde el 20% al 40% y los fondos dirigidos utilizan los mismos recursos que si se los invirtiera a través de los subsidios y o créditos tributarios.

Finalmente, se asume que los costos adicionales son menores para los subsidios o créditos tributarios ya que no requieren monitoreo ni fiscalización sino únicamente una calificación del beneficiario para recibir el incentivo. En el caso de los fondos dirigidos el rango de esos costos adicionales va desde el 4% en adelante. Estos costos representan la calificación de los proyectos a financiar y el monitoreo y fiscalización que se requiere para revisar el buen uso de fondos y el cumplimiento de los objetivos. Sin embargo se recalca que estos porcentajes pueden variar si se utilizaran estrategias que ayuden a reducirlos. Sobre este tema se mencionarán algunas recomendaciones en el siguiente capítulo.

Con estos antecedentes los resultados son:

**Tabla 6. Equilibrios perfectos de Nash del juego Gobierno-empresa**

	Equilibrios de Nash Empresa					
	Resultado 1		Resultado 2		Resultado 3	
	Fondos Dirigidos (100%)	Subsidio / crédito Tributario (10%)	Fondos Dirigidos (80%)	Subsidio / crédito Tributario (10%)	Fondos Dirigidos (60%)	Subsidio / crédito Tributario (10%)
Costos Adicionales	4%	0%-3.9%	0% - 7%	2%	4% - 26%	0%
Numero de #IA*	9.88	9.88	9.93	9.88	10.13	9.88
Costo para Gobierno de #IA adicional	11.70	11.25 - 11.69	11.14 - 11.46	11.47	9.23 - 11.19	11.20
<b>Equilibrio (política adecuada)</b>	<b>Subsidios / Créditos Tributarios (20%)</b>		<b>Fondos Dirigidos (80%)</b>		<b>Fondos Dirigidos (60%)</b>	

Fuente: El Autor.

La mejor política para impulsar la producción de conocimiento aplicado sería subsidios y créditos tributarios, siempre y cuando el costo adicional por calificación de beneficiario no sobrepase el 3.9%, que los costos adicionales de los fondos dirigidos sean del 4% o superiores y que el Gobierno a través de los fondos dirigidos cubra en un 100% el monto de

la inversión requerida. Este último punto provoca un desvío mayor de recursos para la inversión en stock de capital, ya que la empresa cuenta con recursos para cubrir parte de sus investigaciones aplicadas, lo que provoca que exista una igualdad en la producción de conocimiento aplicado con la aplicación de cualquiera de los incentivos diseñados por el Gobierno.

Por el contrario, los fondos dirigidos serían la política más adecuada si se recibiera una contraparte del 20% por parte de la Empresa, que los costos adicionales para el Gobierno no superen el 7% y que los costos adicionales de los subsidios sean iguales o mayores al 2%. En el caso de que la contraparte de la Empresa sea del 40% o mayor, la mejor política a utilizar sin lugar a duda sería la de fondos dirigidos prácticamente sin importar el porcentaje de costos adicionales que esta política pudiese generar, ya que le da un rango de hasta 26% para que se cambie de equilibrio. Finalmente se menciona que este comportamiento se mantiene cuando se utilizan los porcentajes del subsidio o crédito tributario del 30% y 40%.

Debido a la importancia que tienen los costos adicionales en el momento de aplicar una u otra política, se considera necesario presentar varias recomendaciones que permitan un adecuado manejo de estos costos e inclusive su posible reducción.

## CAPÍTULO III

### RECOMENDACIONES

Una vez que se han desarrollado los juegos entre los actores de un Sistema Nacional de Innovación, con sus análisis y conclusiones, sería repetitivo volverlas a tratar en este capítulo. Por tal motivo el objetivo será el presentar las recomendaciones necesarias para disminuir los costos adicionales a la inversión, que se los identificó como determinante crítico en el momento de resolver el juego y encontrar tanto el equilibrio de Nash como el equilibrio perfecto de Nash, permitiendo así determinar el mejor incentivo y lo más focalizado posible. A continuación se presentan las estrategias y mecanismos que permiten la reducción de esos costos.

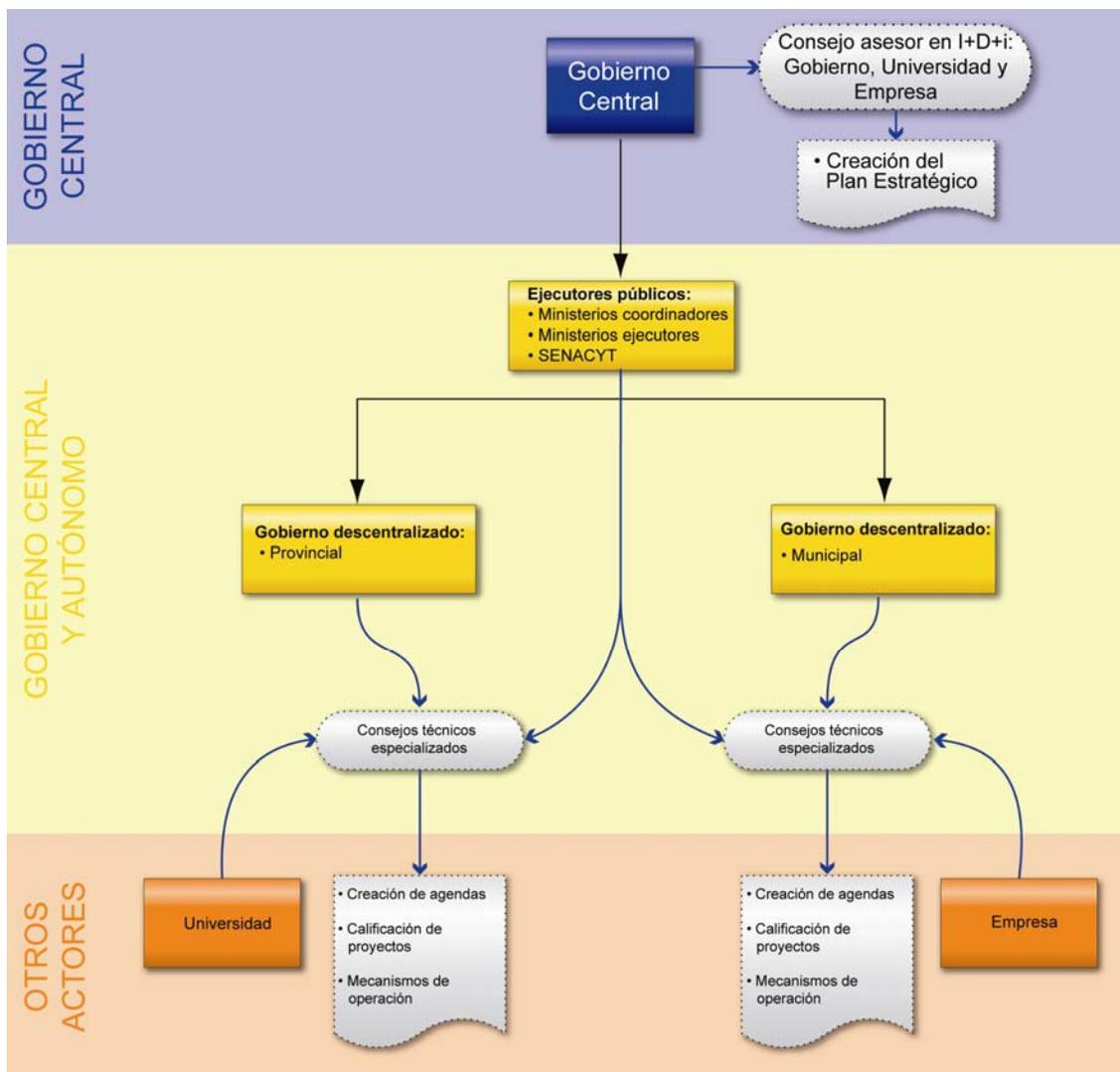
#### 3.1 Estrategias y mecanismos:

- **Fortalecimiento de alianzas estratégicas:** Este punto estaría enfocado en reducir los costos tanto de monitoreo y seguimiento de proyectos de I+D como el de contar con expertos que califiquen y aprueben los proyectos a financiar. Las alianzas estratégicas deberían ser planteadas a nivel interno de la institución y a través de esfuerzos interinstitucionales del Gobierno central, Gobierno autónomos descentralizados, universidades y empresas. Estas alianzas permitirían contar con las capacidades necesarias tanto de Recurso Humano como de equipos para cumplir con las actividades de monitoreo y seguimiento de los proyectos. Adicionalmente esta articulación apoyaría en la calificación de los proyectos incurriendo en gastos operativos menores a los que se proponen como costos adicionales. Esta reducción es posible ya que las actividades de seguimiento y monitoreo las realizaría el personal ya existente de las instituciones.

Otro punto importante de las alianzas estratégicas es el apalancar la revisión, calificación y aprobación de proyectos con costos inferiores ya que se contaría con un recurso humano capacitado en muchas áreas de conocimiento y que forman parte de las instituciones del Sistema Nacional de Innovación.

Estas alianzas pueden generar estructuras que apuntalen a un desarrollo tecnológico del país mediante la creación de: planes estratégicos, agendas de cooperación e investigación, entre otros. Adicionalmente permitirían un adecuado levantamiento de información y por ende la reducción de las asimetrías de información, con lo que se solucionaría una de las fallas presentes en estos mercados. A continuación se presenta un ejercicio de un Sistema Nacional de Innovación para el Ecuador donde se puede aprovechar espacios de articulación para generar estas alianzas estratégicas mencionadas.

**Gráfico 3. Actores de un Sistema Nacional de Innovación**



**Fuente:** El Autor.

Como se puede apreciar, este ejercicio no busca incrementar el aparato estatal, lo que se plantea es crear espacios de encuentro y de articulación que permitan generar alianzas estratégicas con las capacidades ya existentes de los diferentes actores. Si a estas estructuras se le agregasen herramientas informáticas como son plataformas tecnológicas es posible generar estructuras ligeras en costos de operación. Es necesario aclarar que estas estructuras deberían ser parte del Gobierno para que tengan un impacto positivo tanto en la generación de política pública en I+D como en la generación de mecanismos adecuados de trabajo en equipo. A continuación se presenta una breve descripción de estas estructuras:

Se plantea que debe existir un “Consejo Asesor en I+D+i” que esté directamente vinculado al Gobierno Central, es decir, al Presidente de la República. Este consejo debería estar conformado por los tres actores que se plantean en el modelo económico que son: Gobierno-Empresa-Universidad. Su rol principal debería ser el generar planes estratégicos de desarrollo del país en las temáticas de investigación y desarrollo. Finalmente este Consejo Asesor debe ser conformado por los mejores exponentes de los tres agentes ya que su amplio conocimiento y experiencia permitirá obtener las mejores propuestas a ser implementadas.<sup>3</sup>

A un nivel más bajo de Gobierno tenemos diferentes actores en los que se encuentran: Ministerios Coordinadores, Ministerios Ejecutores, Gobiernos Provinciales y Locales. Adicionalmente se considera necesario que sean parte de estas estructuras las Universidades y Empresas. Para la articulación de estos actores se requiere la creación de “Consejos Técnicos Especializados” cuyos integrantes deberán pertenecer a los tres actores planteados a lo largo de este documento. Estos Consejos Técnicos Especializados tienen un rol crítico para el adecuado funcionamiento de un Sistema Nacional de Innovación ya que estos son los proponentes de agendas estratégicas de investigación según su temática. Adicionalmente son los encargados de calificar los proyectos que recibirían financiamiento y finalmente son los encargados de evaluar la efectividad de una política, establecer los correctivos necesarios y proponer nueva política.

---

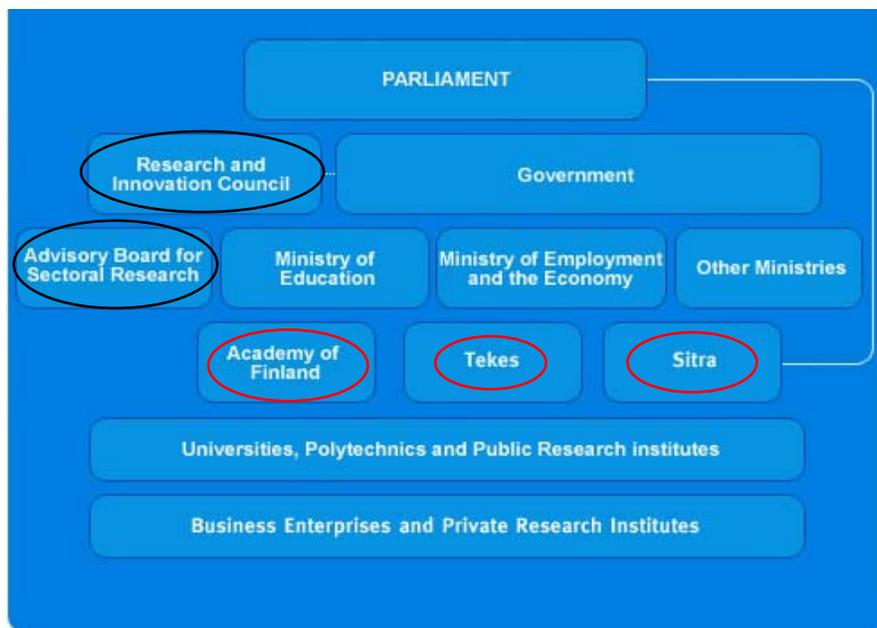
<sup>3</sup> La propuesta de articulación de actores de un Sistema Nacional de Innovación responde al estudio de varios sistemas importantes y eficientes del mundo como son: Finlandia, Suecia, Irlanda, Australia, Chile, entre otros.

Una ventaja adicional de contar con este tipo de estructuras es que el Gobierno puede identificar de una mejor manera los requerimientos de I+D que le país requiere para su desarrollo como los intereses de cada uno de los actores del sistema reduciendo así la asimetría de la información y facilitándole al Gobierno la toma de decisiones y el establecer políticas efectivas que corrijan las fallas que pudiesen presentar los mercados de los productos provenientes de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Como un ejemplo de la efectividad que pudiese tener esta propuesta, (gráfico 3) se presenta el modelo de gestión del sistema nacional de innovación finlandés, que es el mejor calificado del mundo según el estudio realizado por Marcus Balzat (2006).

El sistema de innovación finlandés presenta el siguiente modelo de gestión:

**Gráfico 4. Sistema Nacional de Innovación Finlandés**



Fuente: <http://www.research.fi/en/innovationsystem> (Finish science and technology information service, 2010)

Como se puede apreciar este sistema presenta consejos asesores (encerrados en círculos negros) a nivel del Presidente y a nivel de los diferentes ministerios que tiene este país. El Research and Innovation Council es dirigido por el Primer Ministro y conformado por los otros actores del Sistema. Asesora al Gobierno y Ministerios en temas de investigación, tecnología, innovación y en su utilización y evaluación. Además es el encargado de desarrollar las estrategias y la coordinación necesaria para

promover la ciencia y la tecnología en todo el sistema de innovación (Ministry of Education and Culture, 2010).

Encerrados en los círculos rojos están las tres instituciones estatales más importantes en el funcionamiento del Sistema Nacional de Innovación. En primer lugar, se encuentra la Academia de Finlandia, la cual se encarga de financiar investigaciones de alta calidad, actuar como experto en políticas de ciencia y fortalecer la posición de la ciencia y la investigación en el país. Su rol comprende todas las disciplinas científicas y se caracteriza por ser una Institución netamente académica donde sus miembros al igual que sus investigadores trabajan en sus propias universidades o institutos. Se considera que la fortaleza de esta institución está en una adecuada combinación entre Estado y universidad (Academy of Finland, 2010).

En segundo lugar, se encuentra TEKES, la institución pública más importante que financia la investigación, desarrollo e innovación en Finlandia y que pone énfasis en innovaciones dedicadas a servicios, diseño, negocios y social.

TEKES para lograr sus objetivos trabaja directamente con las mejores compañías privadas innovadoras y desarrolladoras del país, financiando cada año alrededor de 1500 proyectos en investigación y desarrollo. Adicionalmente, financia alrededor de 600 proyectos de investigación pública a través de universidades, institutos de investigación y politécnicas. Se considera que el éxito de TEKES radica en la estrecha relación del Estado y la empresa finlandesa. TEKES es parte del Consulado de Investigación e Innovación, por lo que ellos conocen las necesidades estratégicas en investigación e innovación correspondientes a la industria finlandesa (Tekes – the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation).

Y en tercer lugar se encuentra SITRA. Esta es encargada de promover un desarrollo balanceado y estable en Finlandia. Coopera muy de cerca con actores públicos y privados y parte de su financiamiento es a través de su dotación de capital e inversiones en *venture-capital*. SITRA es una Institución pública cuyos miembros son mayoritariamente de los ministerios involucrados. Lo interesante de esta institución es que realiza inversiones de capital en empresas lo cual le da un accionar muy fuerte a nivel internacional (SITRA).

El modelo finlandés demuestra la lógica planteada en este documento a través de los juegos Gobierno-universidad y Gobierno-empresa sin tener que desarrollar un tercer juego que involucre a todos los actores. Los intereses comunes entre la empresa y la universidad y su articulación, se puede lograr a través de los Consejos Técnicos Especializados.

- **Cofinanciamiento de Proyectos:** Si bien, esta estrategia es bastante utilizada por toda institución que financia proyectos y es efectiva para asegurar cierta calidad en el destino de los recursos debido a la contraparte del interesado, no se la ha manejado como un determinante en la evaluación del incentivo a implementar. Se pudo apreciar en este documento que la contraparte juega un rol crítico en el momento de definir qué política es la más adecuada para incrementar la producción de la investigación aplicada. En tal sentido si el cofinanciamiento se lo analiza contra los costos adicionales, sería posible apalancar los fondos dirigidos los cuales son de por sí mucho más focalizados que algún otro tipo de incentivo. Es necesario mencionar que no debe existir una tasa fija de contraparte, sino esta debe variar dependiendo de la importancia de la investigación que se pretende desarrollar para los objetivos nacionales.
- **Regulación de subsidios o créditos tributarios:** Si bien se realizó un análisis de cada uno de los incentivos que se pudiesen generar para incentivar la investigación aplicada en el país y las estrategias de cómo reducirlos, es necesario mencionar que si los costos adicionales de los fondos dirigidos son demasiado altos, la mejor política sería el subsidio y el crédito tributario. Por tal motivo se mencionan ciertos aspectos que pueden contribuir a obtener la mayor efectividad posible con el menor costo adicional en el caso de que esta política resultara la más adecuada.

A lo largo de este documento se desarrollo la idea de que el subsidio y el crédito tributario puede ser la política que más incentive el desvío de recursos por el poco control que se puede dar sobre al destino de los recursos, sin embargo se considera que a través de una adecuada regulación del incentivo es posible mejorar la efectividad del mismo. Por ejemplo se puede plantear tablas graduales de créditos tributarios o subsidios donde se otorgue un subsidio mayor a las actividades que se quieren impulsar y uno menor a los posibles desvíos que se puedan presentar cubriendo así un alto grado del posible desvío de fondos. Esto permitiría “controlar”

de mejor manera el destino de los recursos. Acompañado a este mecanismo se debería desarrollar los instructivos necesarios para aplicación de esta política ya que si se lo regula bien, es poco probable que se destinen los fondos para otros usos que los aprobados en el incentivo.

Finalmente es necesario trabajar en estrategias de estandarización de la información y la documentación requerida para poder aplicar a los subsidios o créditos tributarios. Esto permitiría tanto una reducción de los costos de operación como las evaluaciones del destino de los recursos.

Para concluir con este documento se puede afirmar que es de suma importancia el crear un Sistema Nacional de Innovación que provoque un desarrollo tecnológico continuo para el país. Para lograr este objetivo es indispensable una adecuada intervención del Gobierno que incentive la producción de conocimiento y la articulación de todos los actores del Sistema para generar los mejores incentivos y mecanismos lo más focalizados posibles para cada actor del sistema y que permitan alcanzar saltos en la malla productiva de un país volviéndolo cada vez más competitivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Abel, A. (1993). Optimal Investment Under Uncertainty. *The American Economic Review* , 7.
- Abel, A., & Eberly, J. (1994). A Unified Model of Investment Under Uncertainty. *The American Economic Review* , 5-13.
- Academy of Finland. (19 de Julio de 2010). *Academy of Finland*. Recuperado el 19 de Julio de 2010, de <http://www.aka.fi/en-gb/A/>
- Agénor, P.-R. (2000). *The Economics of Adjustment and Growth*. San Diego: ACADEMIC PRESS.
- Avalos, I. (1994). Tranferencia Tecnológica. En U. C.-I. UNU, *Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones y metodologías* (págs. 411 - 421). Caracas: Nueva Sociedad.
- Balzat, M. (2006). *An Economic Analysis of Innovation: Extending the Concept of National Innovation Systems*. Northampton: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Berkeley. (s.f.). *N/A*. Recuperado el 21 de noviembre de 2010, de <http://www.berkeley.edu/courses/EEP101/spring05/Chapter07.pdf>
- Bolton, P., Chen, H., & Wang, N. (2009). A Unified Theory of Tobin's q, Corporate Investment, Financing and Risk Management. *EUROPEAN SUMMER SYMPOSIUM IN FINANCIAL MARKETS* , 9-10.
- CEPAL. (2008). *La Transformación Productiva 20 años después; viejos problemas, nuevas oportunidades*. Santo Domingo: Impreso en Santiago de Chile.
- *Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad*. Recuperado el 2010 de Julio de 2010, de <http://www.cnic.cl/>
- CORFO. (s.f.). *Corfo*. Recuperado el 19 de Julio de 2010, de <http://www.corfo.cl/>
- Devlin, R., & Moguillansky, G. (2009). Alianza Público-Privada para la Innovación y Desarrollo Exportador. *Seminario sobre Institucionalidad e Instrumentos para la Innovación*, (pág. 17). Montevideo.
- Devlin, R., & Moguillansky, G. (2009). Alianzas público-privadas como estrategias nacionales de desarrollo a largo plazo. *CEPAL* , 97-115.
- Devlin, R., & Moguillansky, G. (2009). Alianzas público-privadas como estrategias nacionales de desarrollo a largo plazo. *CEPAL* .
- Evans, P. (1995). *Embedded Autonomy*. Princenton University Press.
- Finish science and technology information service. (18 de Julio de 2010). *Finish science and technology information service*. Recuperado el 18 de Julio de 2010, de <http://www.research.fi/en/innovationsystem>
- Fudenberg, D., & Tirole, J. (1992). *Game Theory*. Cambridge: The MIT Press.
- Gibbons, R. (1992). *Game Theory for Applied Economists*. Princenton University Press.
- Grossman, G., & Helpman, E. (1991). Quality Ladders in the Theory of Growth. *JSTOR* , 23-61.
- Helpman, H. (2004). *The Mystery of Economic Growth*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Kotilainen, D. H. (2008). Establishment of National Innovation System The Finnish Case. *INNOVATION AND EXPORT DEVELOPMENT IN THE FRAMEWORK OF PUBLIC-PRIVATE ALLIANCES*, (pág. 17). Santiago.

- Marshall, K. (2005). An Overview of Potential Government Impacts on Technology Transfer and Commercialization. En *Government Policy and Program Impacts on Technology Development, Transfer and Commercialization* (págs. 9 -17). Binghamton: Best Business books.
- Marshall, K., Oken, M., Fisher, C., & Li, J. (2005). An Overview of Potential Government Impacts on Technology Transfer and Commercialization; "Perceived Impacts of Government regulations on technology transfer. En *Government Policy and Program Impacts on Technology Development, transfer and commercialization*. Haworth Press, Inc.
- Martin, F. (2009). Clase de Crecimiento Económico; modelo de Solow. *Clase de Crecimiento Económico, Sesión #3*, (pág. 26). Quito.
- Martin, F. (2009). Clase de Crecimiento Económico; la convergencia económica. *Clase de Crecimiento Económico, Sesión #6*, (págs. 6 -9). Quito.
- Ministry of Education and Culture. (18 de Julio de 2010). *Ministry of Education and Culture*. Recuperado el 18 de Julio de 2010, de <http://www.minedu.fi/OPM/Tiede/setu/?lang=en>
- Ministry of Education and Culture. (18 de Julio de 2010). *Research and Innovation Council*. Recuperado el 18 de Julio de 2010, de [http://www.minedu.fi/OPM/Tiede/tutkimus-ja\\_innovaationeuvosto/?lang=en](http://www.minedu.fi/OPM/Tiede/tutkimus-ja_innovaationeuvosto/?lang=en)
- Oken, M., Fisher, C., & Li, J. (2005). An Overview of Potential Government Impacts on Technology Transfer and Commercialization; "Perceived Impacts of Government regulations on technology transfer". En *Government Policy and Program Impacts on Technology Development, transfer and commercialization* (págs. 35-54). Binghamton: Best Business Books.
- R. Academia de la Lengua Española. (s.f.). *Real Academia Española*. Recuperado el 13 de Agosto de 2010, de <http://www.rae.es>
- Rodrik, D. (2004). Industrial Policy for the Twenty - First Century. *Harvard University* , 1-16.
- Rodrik, D., & Hausman, R. (2002). Economic Development as Self-Discovery. *Social Science Research Network electronic* , 1-2.
- Romer, D. (2006). *Advanced Macroeconomics*. The MacGraw-Hill.
- Sala-I-Martin, X. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Barcelona: Antoni Bosch.
- SENACYT. (2009). *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas Ecuador – 2009*. Quito: SENACYT.
- Sida - Swedish International Development Cooperation Agency. (s.f.). *Sida*. Recuperado el 19 de Julio de 2010, de <http://www.sida.se/english/>
- SITRA. (s.f.). *SITRA*. Recuperado el 19 de Julio de 2010, de <http://www.sitra.fi/en/>
- Takalo, T. (2009). Rationales and Instruments for Public Innovation Policies. *The Research Institute of the Finnish Economy* , 2-22.
- Tekes – the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation. (s.f.). *Tekes*. Recuperado el 19 de Julio de 2010, de <http://www.tekes.fi/en/community/home/351?jsessionid=JQmRMGydHDnJjdpqTk8DQShH6xvFBHBpsxTl3vFh5GCZHRl4CLKP!-745992215>
- Universidad Berkeley. (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de 2010, de <http://elsa.berkeley.edu/~obstfeld/ftp/perplexed/cts4b.pdf>
- UNU, UNDESCO, CEPAL-ILPES, CYTED. (1994). *Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodologías*. Caracas: Editorial Nueva Sociedad.

- Varian, H. (1992). *Análisis Microeconómico*. Antoni Bosch.
- VINNOVA- RESEARCH AND INNOVATION FOR SUSTAINABLE GROWTH. (s.f.). *VINNOVA*. Recuperado el 19 de Julio de 2010, de <http://www.vinnova.se/en/>