

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA

**Disertación previa a la obtención del título de
Economista**

***Análisis de la Investigación y Desarrollo (I+D)
en Ecuador: Período 2009-2011***

Juan Sebastián Aguilar Bucheli
jaguilar300@puce.edu.ec

Director: Mtr. Miguel Acosta
acostam@hotmail.com

Quito, mayo de 2015

Resumen

Se analiza la evolución de la Investigación y Desarrollo (I+D) en Ecuador para el periodo 2009-2011, presentando un estudio descriptivo del impacto de este sector en la economía ecuatoriana, las diferentes entidades que participan en su generación y la política pública actual enfocada a promover su desarrollo. Para esta investigación se utilizó como información base los resultados de la Encuesta Nacional de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI), la Cuenta Satélite de I+D, las Tablas de Oferta-Utilización y estadísticas complementarias en estricto apego a normas internacionalmente validadas para la interpretación de estadísticas referentes a I+D, lo cual permitió la comparabilidad de los resultados obtenidos. En este análisis se identificó las principales características de la I+D en el país, los limitantes para su desarrollo, sus principales fuentes de financiamiento, los retos futuros para incrementar su participación en la generación de riqueza y su función dentro del cambio de la estructura productiva del país. De esta manera, este documento se convierte en un diagnóstico integral de la situación de la I+D en Ecuador, su importancia en la generación y difusión de nuevos conocimientos y su impacto en la economía nacional.

Palabras clave: Investigación y Desarrollo, Innovación, Matriz Productiva, Conocimiento, Crecimiento Económico.

Abstract

Ecuador's Research and Development (R&D) evolution is analyzed for the period 2009-2011, presenting a descriptive analysis of the impact of this sector in the Ecuadorian economy, the different entities that participate on its generation and the current public policy that is focused on fostering its development. The main sources of information that were used for this investigation were: The National Survey of Science, Technology and Innovation Activities (ACTI), the R&D Satellite Account, the Supply and Use Tables and complementary statistics in strict compliance with internationally validated norms for the interpretation of R&D statistics, which allowed the comparability of the results. The main features of Ecuador's R&D were identified in this analysis, the barriers for its development, its main sources of funding, the future challenges to increase its share on wealth creation and its role within the change of the productive structure of the country. In this way, this document serves as an integral diagnostic of the state of R&D in Ecuador, its importance in the creation and dissemination of knowledge and its impact on the national economy.

Keywords: Research and Development, Innovation, Productive Matrix, Knowledge, Economic Growth.

Al Padre Celestial por la sabiduría y las

bendiciones recibidas durante toda mi vida.

A mis padres Freddy y Jessica por su entrega y esfuerzo inquebrantable, por su apoyo permanente e incondicional.

A mis hermanos queridos, Christian y Daniel, por ser mis compañeros de vida, por creer y confiar en mí.

A Mónica Mancheno por esa confianza infinita, y por su apoyo durante mis estudios en los Estados Unidos.

A Miguel Acosta por ser mi maestro, guía y amigo.

A mis compañeros de Senescyt por su asesoría pertinente durante el desarrollo de esta disertación.

Gracias a la vida.

Análisis de la Investigación y Desarrollo (I+D) en Ecuador: Período 2009-2011

| | |
|---|-----------|
| <i>Introducción</i> | 7 |
| <i>Metodología de trabajo</i> | 9 |
| <i>Fundamentación Teórica</i> | 11 |
| 1. Investigación y Desarrollo Experimental (I+D) | 11 |
| 1.1 ¿Qué actividades engloba la I+D? | 11 |
| 1.2 Diferencia entre la I+D y otras actividades afines | 12 |
| 1.3 Inputs de la I+D | 13 |
| 1.4 Importaciones de I+D y cooperación entre firmas | 13 |
| 2. La I+D y los modelos de crecimiento económico | 14 |
| 2.1 La Funciones Clásicas de Producción | 14 |
| 2.2 Origen del estudio de la I+D en el análisis económico | 15 |
| 2.2.1 Las Tablas de Oferta - Utilización (TOU) | 16 |
| 2.2.1.1 Tabla de Oferta | 16 |
| 2.2.1.2 Tabla de Utilización | 16 |
| 3. Hacia una nueva agenda de desarrollo | 18 |
| 3.1 La I+D en el Contexto Latinoamericano | 20 |
| 3.2 La Vulnerabilidad de la Economía Ecuatoriana..... | 22 |
| 3.3 Gestión de la I+D en el país..... | 23 |
| 3.4 Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) 2013-2017 | 24 |
| 3.5 Inversión Pública y el desarrollo del Talento Humano..... | 24 |
| 3.6 Agenda para la Transformación Productiva del Ecuador (ATP) | 25 |
| 3.7 La I+D y el Régimen Tributario Ecuatoriano | 26 |
| 4. Transformación Productiva de la Economía Ecuatoriana | 27 |
| 4.1 Componentes del Ecosistema de Innovación Social..... | 27 |
| 4.2 La Transferencia de Tecnología | 28 |
| 4.3 La Industria Ecuatoriana y su Intensidad Tecnológica | 29 |
| <i>Hacia una Economía Basada en el Conocimiento</i> | 32 |
| 1.1 El conocimiento como bien público | 32 |
| 1.2 Diferencia entre conocimiento e información | 32 |
| 1.3 La I+D y la Competitividad..... | 33 |
| 1.4 La I+D y el Desarrollo Humano..... | 34 |
| 1.5 Las Economías del Conocimiento..... | 35 |
| 1.6 La Educación Superior y la Sociedad del Conocimiento | 37 |
| 1.7 El conocimiento y el crecimiento económico..... | 38 |
| 1.8 La Ley de Thirlwall y la I+D..... | 39 |
| <i>La Investigación y Desarrollo (I+D) en el Ecuador</i> | 41 |
| 1. Producción Científica del Ecuador | 41 |
| 1.1 Investigadores por cada mil integrantes de la PEA | 41 |
| 1.2 Evolución de la producción científica del Ecuador | 42 |
| 1.3 Producción científica por área de conocimiento..... | 44 |
| 1.4 El Índice H de Hirsch y la medición de la calidad de la producción científica | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 2. Encuesta Nacional de Actividades de Ciencia Tecnología e Innovación | 46 |
| 2.1 Actividades de Ciencia y Tecnología (ACT) | 46 |
| 2.2 Sectores de ejecución y financiamiento de I+D..... | 46 |
| 2.3 Gasto Interior Bruto en I+D | 47 |
| 2.3.1 Gasto en investigación y desarrollo por sector de financiamiento | 48 |
| 2.3.2 Gasto en investigación y desarrollo por sector de ejecución | 49 |
| 2.3.3 Gasto en investigación y desarrollo por tipo de investigación | 50 |
| 2.3.4 Gasto en I+D por Destino de Fondos..... | 50 |
| 2.3.5 Gasto en I+D por Rama de Actividad y Sector Institucional | 51 |
| 2.3.6 Gasto en I+D por Disciplina Científica | 53 |
| 2.3.7 Gasto en I+D por Objetivo Socioeconómico | 53 |
| 3. La I+D en el proceso de innovación | 54 |
| 3.1 ¿Qué es Innovación?..... | 54 |
| 3.2 Encuesta de Actividades de Innovación (AI) | 54 |
| 3.3 Unidades de análisis..... | 55 |
| 3.4 Resultados de la Encuesta de Actividades de Innovación (AI)..... | 55 |
| 3.5 Gasto en I+D de las empresas por rama de actividad..... | 56 |
| 3.6 Obstáculos para la innovación | 58 |
| 3.7 Impactos por la introducción de innovaciones..... | 59 |
| 4. Retos para una mejor gestión de la I+D | 60 |
| 4.1 Principales limitantes para la generación de I+D en el país..... | 60 |
| 4.2 Desafíos para una mejor gestión de la I+D en el país..... | 61 |
| <i>Impacto de la I+D en la Economía Ecuatoriana.....</i> | <i>62</i> |
| 1. La Cuenta Satélite de I+D..... | 62 |
| 1.1 Sectores Institucionales de la Cuenta Satélite de I+D..... | 63 |
| 1.2 Tratamiento de la I+D en las Cuentas Nacionales | 63 |
| 2. Producción y Capitalización de la I+D..... | 66 |
| 2.1 Medición del Producto en I+D..... | 66 |
| 2.2 Excedente Neto de Operación | 66 |
| 2.3 Evolución del gasto y la producción de I+D en Ecuador | 67 |
| 3. Producción y Capitalización de I+D en el Ecuador..... | 68 |
| 3.1 Producción de I+D por Sector Institucional | 68 |
| 3.2 Producción de I+D por rama de actividad | 70 |
| 3.3 Producción de I+D por Objetivo Socioeconómico | 70 |
| 3.4 Stock y Consumo de Capital de I+D | 72 |
| 3.5 Capitalización de la producción I+D..... | 73 |
| <i>Conclusiones.....</i> | <i>76</i> |
| <i>Recomendaciones.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Referencias bibliográficas</i> | <i>80</i> |
| <i>Anexos</i> | <i>83</i> |

Introducción

La Investigación y Desarrollo Experimental (I+D) se ha convertido en un componente fundamental para el adelanto tecnológico y el crecimiento de las economías mundiales. En países desarrollados la inversión promedio en este componente con respecto al PIB es del 2,4 % (OCDE, 2014). La gestión de la I+D en las economías emergentes ha venido tomando un fuerte impulso a partir de la necesidad de mejorar su competitividad en relación al resto del mundo y se ha convertido en un pilar fundamental para alcanzar el desarrollo económico y social.

La I+D constituye el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistémica que permite la generación de nuevo conocimiento y el desarrollo de aplicaciones prácticas novedosas. Ecuador vive un momento de transición histórico en el que se busca pasar de una economía basada en recursos finitos hacia una economía basada en recursos infinitos como el conocimiento. Para alcanzar la transformación de la estructura productiva nacional, se requiere comprender la importancia de la I+D en la economía y desarrollar políticas que incentiven su producción en el país.

En este sentido, resulta fundamental contar con un diagnóstico inicial de las actividades de I+D que permita responder diferentes interrogantes que surgen a la hora de analizar su importancia dentro de la economía nacional como por ejemplo: ¿Cuál es el gasto total en actividades de I+D? ¿Cuánto se gasta en I+D como porcentaje del Producto Interno Bruto? ¿Cuál es la participación del gobierno, el sector privado, las organizaciones sin fines de lucro y el sector externo en el financiamiento de estas actividades? ¿Qué sectores ejecutan proyectos de I+D? ¿Cómo se mide el nuevo conocimiento creado a partir de la I+D? ¿En qué nivel se encuentra la gestión de la I+D en Ecuador con respecto a otros países?

Un claro ejemplo que explica la diferencia entre los países intensivos en I+D y aquellos que no lo son es la relación Centro-Periferia, donde los países más desarrollados e intensivos en capital (Centro) venden productos de alta intensidad tecnológica a los países en vías de desarrollo, intensivos en trabajo y exportadores de materia prima (Periferia), beneficiándose así, de las brechas tecnológicas y cognitivas reflejadas en los precios finales de sus productos. Por esta razón, resulta necesario fomentar la investigación y el desarrollo experimental que permitan al país mejorar su competitividad y mitigar de esta manera los efectos negativos del intercambio desigual.

De esta manera, el análisis de la situación de la I+D en el país, contribuye al entendimiento de una actividad fundamental para el desarrollo económico y social, proveyendo una base teórica y empírica para la construcción de políticas científico-tecnológicas que a través de la creación de nuevo conocimiento, generen capacidades y riqueza en la economía nacional.

Dentro de los principales hallazgos de esta investigación se pudo determinar que para el periodo 2009-2011 existió una tendencia relativamente homogénea entre los diferentes países suramericanos con respecto al gasto en I+D; el gasto promedio de Ecuador como porcentaje del PIB en este componente fue del 0,38%, teniendo su pico más alto en el año 2010.

Ingentes esfuerzos se han realizado en materia de investigación y apoyo a la innovación, reflejo de esto son los diferentes programas y asignaciones presupuestarias orientadas al desarrollo del talento humano, al incremento la producción científica del país y al financiamiento de proyectos innovadores que contribuyan a la generación de valor agregado en la producción nacional.

La rama de actividad de servicios y el objetivo socioeconómico de 'Producción y Tecnología Industrial' contribuyeron mayoritariamente a la producción de I+D en la economía nacional. De manera análoga también se pudo determinar la evolución del stock de conocimiento en el tiempo generado a partir de la inversión realizada por los diferentes sectores institucionales en actividades de I+D.

Dentro de las principales limitantes para el desarrollo de la I+D en el país, resalta la ausencia de un mercado de capital de riesgo que funcione como motor para el desarrollo de proyectos innovadores, los cuales necesitan una fuerte inversión inicial en I+D para poder transformar sus proyectos en productos comercializables, pero dada la aversión del sector financiero a invertir en proyectos con altos niveles de incertidumbre, muchos de éstos quedan estancados en la fase de ideación y no logran entrar al mercado.

Una vez finalizado el diagnóstico integral de la I+D en Ecuador se pudo concluir sobre la importancia de la I+D en el crecimiento económico y el desarrollo social de las naciones. Finalmente se puntualizaron diferentes recomendaciones ajustadas a la realidad nacional para dar un adecuado seguimiento a la evolución de la I+D en el país e impulsar la generación de actividades de ciencia, tecnología e innovación que permitan al país cerrar las brechas cognitivas y transitar hacia una economía basada en el conocimiento.

Metodología de trabajo

La presente investigación fue realizada para obtener un primer diagnóstico integral de la Investigación y Desarrollo (I+D) en el país, calcular las contribuciones directas de este sector en la economía y establecer su importancia dentro del cambio de la estructura productiva del país.

En este sentido, se responden varias inquietudes relacionadas a la situación de la I+D en el país como: ¿Cuáles son las principales características de la I+D en Ecuador? ¿Cuál es el rol de la I+D en la economía y el esquema productivo nacional? ¿Qué sectores económicos intervienen en la generación de I+D? ¿Cómo ha evolucionado la gestión de la I+D en el país?

En función de estas interrogantes, se planteó el objetivo general de esta investigación; proveer de manera sistematizada un análisis de la evolución de la I+D en el país durante el periodo 2009-2011, para de esta manera evaluar su impacto en la economía Ecuatoriana, la mejora productiva, el adelanto tecnológico y la creación de nuevo conocimiento.

Para satisfacer el propósito antes mencionado, se plantearon los siguientes objetivos específicos: 1) Analizar el rol de la I+D en el cambio de la estructura productiva del Ecuador; 2) Determinar los sectores económicos que aportan mayoritariamente a su desarrollo y las acciones que se deben emprender para mejorar la gestión de la I+D en el país; 3) Replicar las normas prácticas internacionales para el tratamiento y análisis de información estadística referente a I+D y garantizar la comparabilidad internacional de los resultados.

En base a este contexto, la presente investigación se dividió en cuatro fases: la primera fase constituye la determinación de las fuentes de información estadística referente a I+D y la revisión de literatura relacionada para la fundamentación teórica y la justificación del estudio.

La información estadística base para el desarrollo de esta investigación se la obtuvo a partir de la Encuesta ACTI y la Cuenta Satélite de I+D desarrollada por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación en el año 2013.

En esta etapa se procedió a identificar los diferentes esfuerzos y políticas del país enfocadas al fomento y desarrollo de actividades científicas y tecnológicas así como los avances en educación superior, investigación, innovación y formación de talento humano.

La segunda etapa constituye la recolección y el análisis de resultados referentes a las actividades de ciencia, tecnología e innovación que se desarrollaron en el país durante el periodo de análisis, donde el gasto en I+D juega un papel fundamental en la generación de estas actividades.

Para el análisis de los resultados, se siguieron los lineamientos metodológicos propuestos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en el Manual de Frascati. A partir de esta norma práctica para la recolección y análisis de datos referentes a la I+D, se definieron las unidades de análisis que financian y ejecutan I+D, así como las ramas de actividad y los objetivos socioeconómicos necesarios para una presentación homogénea de los resultados en base a los estándares internacionales.

En este sentido, esta investigación buscó clarificar la ruta para alcanzar esta transición productiva ya que se determinó los objetivos socioeconómicos que más contribuyen al progreso tecnológico y en qué sectores se debe focalizar esfuerzos a través de políticas públicas que busquen incentivar el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación.

La tercera fase constituye el análisis de la producción y capitalización de la I+D así como el cálculo del nuevo stock de conocimiento generado a partir de ésta, para de esta manera determinar las contribuciones directas de la I+D en la economía nacional.

Una vez realizado el análisis de los diferentes indicadores de la encuesta ACTI se analizó la transición del gasto en I+D hacia la producción y el stock del nuevo conocimiento creado a partir de la I+D a través de la cuenta satélite, para posteriormente capitalizar esta producción y determinar su contribución directa en la economía.

En la cuarta etapa se realizó un análisis comparativo de los principales indicadores de ciencia, tecnología e innovación con los diferentes países de la región y se determinó las diferentes limitantes y desafíos para mejorar la gestión de la I+D en el país en el corto y mediano plazo.

Una vez recopilada y analizada la información estadística referente a las actividades de I+D en el país, se procedió a redactar las conclusiones de la investigación y las recomendaciones para futuros estudios en esta materia.

Fundamentación Teórica

1. Investigación y Desarrollo Experimental (I+D).

La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones (OECD, 2002).

1.1 ¿Qué actividades engloba la I+D?

La I+D engloba tres actividades fundamentales que son:¹

Investigación Básica: Consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.

Investigación Aplicada: Consiste en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico a diferencia de la investigación básica.

Desarrollo Experimental: Consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes.

Estas tres actividades pueden realizarse tanto dentro como fuera de las diferentes unidades de análisis. Por tanto, la I+D se clasifica en dos grandes grupos: i) la I+D interna (i.e. I+D realizada dentro de los propios departamentos o laboratorios de la unidad de análisis) y ii) la I+D externa (i.e. I+D realizada ocasionalmente en otros departamentos o laboratorios fuera de las instalaciones de la unidad de análisis).

¹ Las definiciones de Investigación básica, aplicada y desarrollo experimental fueron tomadas del Manual de Frascati (OCDE, 2002, pp.30).

1.2 Diferencia entre la I+D y otras actividades afines

La I+D tiene un alto componente de novedad que permite resolver una incertidumbre científica o tecnológica, es decir, la I+D se da cuando la solución de un problema no resulta evidente para alguien que domina un área de la ciencia en específico, lo cual permite distinguir la investigación y desarrollo de otras actividades afines y por tanto determinar con mayor exactitud su contribución a los procesos productivos y a la economía en general (OECD, 2002).

Dentro de las actividades que se consideran como I+D se encuentran:²

- Experimentación con nuevos materiales y la integración de estos para mejorar los productos manufacturados.
- Desarrollo de nuevos procesos de producción en las fases de creación de prototipos y pre-producción.
- Investigación dirigida a reducir significativamente el tiempo de comercialización de un producto.
- Desarrollo y modificación de los métodos de investigación y formulación de productos.
- Pago a consultores externos o contratistas para realizar cualquiera de las actividades anteriores.
- Modificaciones significativas del concepto o diseño de un producto.
- Desarrollo de un producto innovador que es nuevo en el mercado.
- Ingeniería del diseño del producto hasta el punto de fabricación.
- La investigación destinada a descubrir nuevos conocimientos.
- El diseño de alternativas en la producción de nuevos bienes.
- Nuevas formas de aplicar los resultados de la investigación.
- La investigación dirigida a obtener diseños más eficientes.
- Diseño, construcción y prueba de prototipos.
- La experimentación con nuevas tecnologías.
- Ingeniería y diseño de un nuevo producto.
- Modelos de procesamiento de sistemas.

Resulta necesario distinguir entre las actividades de I+D y las actividades científicas y tecnológicas relacionadas, para evitar distorsiones en su medición. Estas últimas, a más de la I+D, comprenden la enseñanza y la formación científica y tecnológica así como los servicios científicos y tecnológicos.

En este sentido, las actividades que deben ser excluidas del cálculo de I+D son:

² La lista actualizada de actividades consideradas como I+D se obtuvo de la agencia Alliantgroup, encargada de gestionar los incentivos tributarios de las empresas en los Estados Unidos.

- Enseñanza y formación.
- Otras actividades científicas y tecnológicas afines.
- Otras actividades Industriales.
- Administración y otras actividades de apoyo.

1.3 Inputs de la I+D

Con el fin de obtener una representación correcta de los esfuerzos realizados en materia de I+D es necesario dividir sus inputs en dos grandes grupos: (i) los gastos dedicados a I+D per se y (ii) gastos dedicados al personal empleado en estas actividades. La medición de estos inputs se realiza sobre una base anual de acuerdo a las normas internacionales para la recolección de datos de I+D definidas en el Manual de Frascati (OECD, 2002).

1.4 Importaciones de I+D y cooperación entre firmas

Si bien esta investigación se basa en el análisis de la I+D directa (i.e. I+D realizada por las unidades de análisis tanto dentro como fuera de sus instalaciones o laboratorios de investigación), existen también otras aproximaciones que consideran a la I+D indirecta (i.e. I+D realizada por firmas extranjeras multinacionales) a la hora de calcular los esfuerzos totales en I+D de un determinado sector de la economía, lo cual permite apreciar con mayor exactitud la intensidad tecnológica de las diferentes ramas productivas.

Los países de la OECD realizan el cálculo de las importaciones invisibles de I+D para las multinacionales presentes en sus diferentes países miembro, asumiendo que la I+D generada por estas, tiene la característica de un bien público para todas las firmas aliadas, es decir que no existen barreras de acceso a los frutos de la I+D en tanto las firmas locales estén aliadas con la multinacional, este cálculo se lo realiza a través de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 I\&D \text{ (Invisible)} \\
 &= (I\&D \text{ Hipotética}) - (I\&D \text{ País Miembro}(i)) \\
 &\quad - (\text{Pagos por I\&D a firmas extranjeras})
 \end{aligned}$$

Donde:

- I+D Hipotética = I+D del Grupo / ((Ventas del Grupo) * Ventas (Firmas Subsidiarias))
- I+D (País Miembro) = Gasto en I+D intramuros y extramuros de las Firmas Subsidiarias.
- Pagos por I+D = Pagos de las filiales locales a firmas no residentes por conceptos de tecnología adquirida.

En Ecuador un claro ejemplo donde se da la importación de I+D es el sector farmacéutico, ya que estas multinacionales con filiales en el país, desarrollan toda su investigación y desarrollo experimental en el exterior, la cual se trae al país ya como productos terminados y listos para su comercialización.

Este tipo de análisis son comunes en las economías más desarrolladas del mundo gracias a que cuentan con abundante información estadística relacionada; en Ecuador y en la mayoría de países latinoamericanos todavía no es posible realizar este tipo de investigaciones debido a las brechas de información existentes.

2. La I+D y los modelos de crecimiento económico

Las teorías tradicionales sobre crecimiento económico han enfocado su análisis en la acumulación de los factores de producción clásicos como el capital, el trabajo y la tierra, y en incrementar la productividad de estos factores dejando en un segundo plano el rol de la tecnología, considerándola muchas veces como un factor exógeno del proceso de producción.

2.1 La Funciones Clásicas de Producción

Dentro de este contexto, a nivel macroeconómico, las funciones de producción describen la relación entre la fuerza laboral de un país y el valor de su stock de capital con su producto interno bruto (Perkins, Radelet y Lindauer, 2006). Estas relaciones de la economía en su conjunto se denominan funciones de producción agregada y se representan generalmente de la siguiente manera (Ecuación 1):

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

Esta expresión muestra que el nivel de producción es una función del stock de capital y la oferta de trabajo, es decir, que bajo el modelo clásico el crecimiento económico ocurre por el incremento del stock de capital, de la fuerza laboral o ambos.

Teóricos del crecimiento económico como Solow, Lucas, Harrod y Domar han desarrollado diferentes modelos³, que se diferencian por las formas funcionales de sus ecuaciones de producción pero coinciden en centrar su análisis en la cantidad de capital disponible en una economía y la fuerza laboral existente.

³ Los modelos de Solow, Lucas, Harrod y Domar sobre el crecimiento económico se encuentran analizados a detalle en el cuarto capítulo del libro de Economía del Desarrollo de Perkins, Radelet y Lindauer (pp.103-148).

En estos modelos también se consideran componentes de ahorro e inversión, esenciales para el crecimiento económico, pero se deja de lado al progreso tecnológico y por tanto a la investigación y desarrollo como motor para la generación de conocimiento y la mejora integral de la productividad.

2.2 Origen del estudio de la I+D en el análisis económico

Una vez reconocidas las limitantes de los modelos clásicos y neoclásicos de producción en el análisis del crecimiento económico y la acelerada evolución de la tecnología a nivel mundial, surgió la necesidad de considerar nuevas variables en el análisis económico como por ejemplo el gasto en actividades de ciencia, tecnología e innovación, que aumenten su alcance y expliquen de manera más robusta los saltos sustanciales en la producción de las economías (Perkins et al., 2006).

La importancia de la I+D dentro del análisis económico data desde 1957 cuando Robert Solow identificó que solo una pequeña fracción del crecimiento en el ingreso per-cápita del sector no agrícola americano estaba asociado con un incremento en la razón capital/trabajo⁴, lo cual llamó la atención de los economistas sobre el rol del progreso tecnológico y la innovación en la mejora del bienestar social (Tirole, 1992).

Resulta entonces fundamental direccionar el nuevo conocimiento generado a partir de la investigación básica, aplicada y el desarrollo experimental, a las necesidades de la sociedad. En este sentido, el análisis de la I+D es crucial, no sólo desde la perspectiva de una industria en específico sino desde un punto de vista macro que abarque a la economía en su totalidad.

Por lo tanto, a la hora de evaluar la actividad económica agregada, resulta conveniente analizar el PIB por el enfoque de la producción, para de esta manera apreciar la participación de los diferentes sectores de la economía en la generación de valor agregado. Este método de cálculo del PIB no es más que la diferencia entre el valor de mercado de los productos de la economía y el valor de mercado de los insumos (i.e. consumos intermedios) que fueron necesarios para producirlos⁵ (Sachs y Larrain, 1993).

⁴ La razón capital/trabajo se define como un indicador que relaciona al capital empleado y al número de trabajadores que fueron necesarios en un determinado proceso de producción, generalmente su medición se realiza sobre una base anual.

⁵ El Banco Central del Ecuador realiza el cálculo del PIB por el enfoque de la producción añadiendo a la diferencia mencionada, los siguientes elementos: impuestos indirectos sobre productos, subsidios sobre productos y derechos arancelarios.

2.2.1 Las Tablas de Oferta - Utilización (TOU)

El Sistema de Cuentas Nacionales incluye un marco específico que muestra la interacción entre la oferta y la utilización de bienes y servicios dentro de la economía, esquema que se conoce como la matriz oferta-utilización, la cual es de gran utilidad para el análisis económico y la generación de política pública (UNSTAT, 2010).

Las TOU representan sistematizadamente los equilibrios oferta-utilización de los bienes y servicios que se producen en la economía nacional (INEC y MSP, 2008). En estas tablas se puede apreciar la producción total de la economía, los consumos intermedios de todos los procesos productivos, el valor agregado bruto y la formación bruta de capital fijo de cada rama de actividad, lo cual permite tener una noción mucho más clara de qué sectores de la economía generan mayor valor agregado en la producción final y al mismo tiempo determinar aquellos sectores en los cuáles se debe trabajar para que aumenten su participación en este componente de la economía real.

2.2.1.1 Tabla de Oferta

En esta tabla se muestra el origen tanto nacional como importado, de los bienes y servicios que se utilizan como consumos intermedios en los diferentes procesos productivos, como gasto de capital en la formación bruta de capital fijo, como gasto de consumo final (i.e. gasto corriente para la adquisición de bienes y servicios), en la variación de existencias y las exportaciones.⁶

2.2.1.2 Tabla de Utilización

Esta tabla presenta la estructura de los costos de producción de las diferentes ramas de actividad, el pago a los factores de producción de las industrias (i.e. remuneraciones, impuestos netos sobre la producción, importaciones), las cuentas de producción y generación del ingreso (i.e. producción total, valor agregado bruto, excedente bruto de explotación), y por último las utilidades finales de bienes y servicios (i.e. gasto de consumo final, formación bruta de capital fijo, variación de existencias y exportaciones).

La Figura 1 representa matricialmente la interrelación de varios sectores productivos en un esquema matricial (i.e. desde el sector 1 hasta el sector n), donde se puede apreciar los flujos inter-industriales que se generan en una economía, donde se sistematizan las cuentas antes mencionadas en las siguientes matrices:

⁶ Los registros de los bienes y servicios tanto de las tablas de oferta como las de utilización se presentan a precios de comprador, es decir, al valor de mercado de cada uno de estos productos.

Matriz de Demanda Intermedia (DI).- Contabiliza las relaciones de intercambio entre las distintas ramas productivas, por convención la matriz de consumos intermedios es cuadrada.

Matriz de Demanda Final (DF).- Recoge la parte la producción de bienes y servicios que se destinan a los usuarios finales en la cual se incluye la demanda de consumo, la demanda de inversión y la demanda exterior de los bienes producidos en la economía nacional.

Matriz de Demanda Total (DT).- Vector columna que refleja los destinos de la producción interior y las importaciones, dando como resultado el total de empleos de un producto i .

Matriz de Inputs Primarios (IP): Registra los pagos que realizan las empresas y las administraciones por utilizar los factores originarios de la producción, estos rubros son:

- Rentas del Trabajo (RT).- Sueldos y salarios.
- Impuestos Netos Sobre la Producción (INP).- Diferencia entre los impuestos y las subvenciones a la producción.

En esta matriz también se describe la generación de valor agregado bruto (V) por cada rama de actividad que conforma el aparato productivo, así como los excedentes empresariales (ENE) generados a partir de los diferentes procesos productivos de la economía nacional.

Por lo tanto, la utilidad de estas tablas en el análisis económico y en este caso, en el análisis de la I+D, es fundamental, ya que permite visualizar cómo un insumo o conjunto de insumos son utilizados por una o varias ramas de actividad en los diferentes procesos productivos que se generan en la economía. Por ejemplo, a partir de estas tablas se puede apreciar como un nuevo reactivo químico generado a partir de la I+D, fue utilizado por una rama de actividad en específico (e.g. fabricación de productos químicos) para desarrollar un nuevo antibiótico, el cual se verá reflejado en la producción total de la economía y en la generación de valor agregado bruto.

| | DI | | | | DF | DT |
|-----|------------|------------|-----|------------|---------|-------|
| | 1 | 2 | ... | n | | |
| 1 | X_{11}^p | X_{12}^p | ... | X_{1n}^p | D_1^p | X_1 |
| | X_{11}^m | X_{12}^m | ... | X_{1n}^m | D_1^m | M_1 |
| | X_{11} | X_{12} | ... | X_{1n} | D_1 | E_1 |
| 2 | X_{21}^p | X_{22}^p | ... | X_{2n}^p | D_2^p | X_2 |
| | X_{21}^m | X_{22}^m | ... | X_{2n}^m | D_2^m | M_2 |
| | X_{21} | X_{22} | ... | X_{2n} | D_2 | E_2 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| n | X_{n1}^p | X_{n2}^p | ... | X_{nn}^p | D_n^p | X_n |
| | X_{n1}^m | X_{n2}^m | ... | X_{nn}^m | D_n^m | M_n |
| | X_{n1} | X_{n2} | ... | X_{nn} | D_n | E_n |
| IP | RT_1 | RT_2 | ... | RT_n | | |
| | ENE_1 | ENE_2 | ... | ENE_n | | |
| | INP_1 | INP_2 | ... | INP_n | | |
| | V_1 | V_2 | ... | V_n | | |
| PF | X_1 | X_2 | ... | X_n | | |

Figura 1. Esquema matricial de una tabla oferta-utilización.

Fuente: (Vicente, Parra, y Zofío, 2012).

Elaboración: Juan Aguilar.

3. Hacia una nueva agenda de desarrollo.

Latinoamérica ha experimentado varias agendas de desarrollo, la mayoría de estas, lastimosamente, impuestas por organismos y burocracias internacionales. En este sentido, tras el fracaso del modelo ISI⁷ y las políticas neoliberales del “Consenso de Washington”, surgió la necesidad de crear políticas referentes al desarrollo de la ciencia, la tecnología e innovación para volver más competitivos a los países de la región considerando las características y los diferentes desafíos de las economías en cuestión para poder desarrollar sistemas de innovación que les permita transformar su estructura productiva y disminuir su dependencia con respecto a la exportación de materias primas (RICYT, 2011).

⁷ El modelo de Industrialización Sustitutiva de Importaciones (ISI) fue una estrategia de desarrollo para los países latinoamericanos impulsada por la CEPAL luego de la segunda guerra mundial, la cual buscaba industrializar un país a través de la sustitución de importaciones, basándose en los conceptos de industria infantil e intercambio desigual.

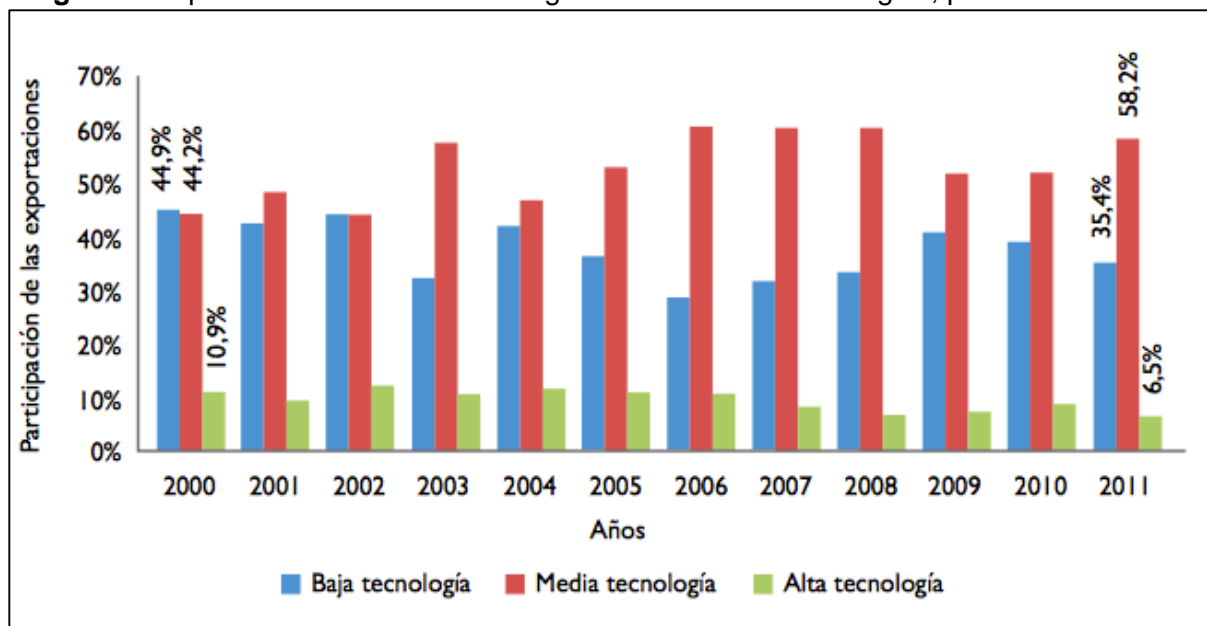
Existen diferentes técnicas estadísticas para analizar la participación de las economías en el mercado mundial de productos con componente tecnológico. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2006) desarrolló el Índice de Especialización Tecnológica (IET) para evaluar la intensidad tecnológica de las exportaciones de un país o un grupo de países a diferentes mercados del mundo. En base a este instrumento de análisis muchos países de la región han desarrollado políticas científicas y tecnológicas enfocadas al desarrollo tecnológico de sus industrias y al fomento de la innovación.

El Ministerio Coordinador de Conocimiento y Talento Humano (2013), calculó el IET para las exportaciones ecuatorianas de alta y media tecnología, arrojando índices de 0,133 y 0,716 respectivamente, lo cual según la CEPAL, valores inferiores a la unidad (i.e. $IET < 1$) indican que la participación de las exportaciones del Ecuador en los mercados de alto o medio contenido tecnológico es inferior a la participación de sus exportaciones en los mercados de productos de bajo contenido tecnológico, indicando la necesidad de desarrollar y ejecutar planes de acción en materia de desarrollo tecnológico e innovación así como la creación de políticas científicas y tecnológicas que permita revertir esta tendencia.

La Figura 2 muestra la evolución de las exportaciones ecuatorianas según su intensidad tecnológica durante el periodo 2000-2011, excluyendo a los bienes primarios basados en recursos naturales. En esta figura se puede apreciar que el país ha experimentado un proceso de mejora tecnológica y productiva. Durante este periodo las exportaciones de media tecnología tuvieron una participación promedio del 54,9%, la cuota de las exportaciones de baja tecnología representaron el 36,4% del total mientras que las exportaciones de productos de alta tecnología tuvieron una participación promedio del 8,7%.

Dentro de los productos de alta tecnología que exportó el país durante este periodo se encuentran: medicamentos veterinarios, antibióticos, dispositivos de protección contra robo o incendio y acumuladores eléctricos de plomo para arranque de motores de émbolo (MCCTH, 2013).

Figura 2. Exportaciones del Ecuador según su intensidad tecnológica, periodo 2000-2011



Fuente: Banco Central del Ecuador, 2013.

Elaboración: Ministerio Coordinador de Conocimiento y Talento Humano, 2013.

3.1 La I+D en el Contexto Latinoamericano

La concepción de la I+D como fuente generadora de capacidades y riqueza ha venido ganando importancia durante la última década en las economías latinoamericanas, por lo que la formulación de política pública y la creación de programas que incentiven el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación es primordial para el desarrollo económico y el adelanto tecnológico de estos países.

Para el análisis de la investigación y desarrollo en el contexto latinoamericano es importante mencionar que se consideró únicamente a los países que contaban con la información estadística completa para el periodo de análisis 2009-2011 (Tabla 1).

Tabla 1. Gasto en I+D como porcentaje del PIB, Latinoamérica

| País | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Argentina | 0,48% | 0,49% | 0,51% |
| Brasil | 1,15% | 1,19% | 1,20% |
| Chile | 0,37% | 0,33% | 0,33% |
| Colombia | 0,20% | 0,21% | 0,21% |
| Uruguay | 0,43% | 0,40% | 0,42% |
| Latinoamérica y el Caribe | 0,70% | 0,75% | 0,75% |

Fuente: RICYT, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

El gasto promedio en función del PIB de Latinoamérica y el Caribe para el periodo 2009-2011 fue del 0,73 %, donde Brasil fue el país que realizó mayores esfuerzos en la región con un gasto promedio del 1,18 % con respecto al PIB, claramente superior a la media latinoamericana.

Resulta interesante apreciar que la tendencia con respecto al gasto en I+D es relativamente homogénea entre los países de la región a excepción de Colombia, quién se encuentra muy por debajo de la media latinoamericana.

Una vez analizado el gasto total en I+D como porcentaje del PIB de los diferentes países de la región, surge la interrogante ¿cómo se reparte el financiamiento de estas actividades en las economías latinoamericanas?, para esto, se calculó la participación promedio de los diferentes sectores de la economía que generan I+D, para el periodo 2009-2011 (Tabla 2).

Tabla 2. Gasto en I+D por sector de financiamiento, participación porcentual promedio: 2009-2011

| País | Gobierno | Empresas | Educación Superior | ONG | Extranjero |
|---------------------------|----------|----------|--------------------|-------|------------|
| Argentina | 72,47% | 22,56% | 3,36% | 1,00% | 0,59% |
| Brasil | 52,10% | 45,94% | 1,96% | - | - |
| Chile | 38,01% | 27,65% | 12,24% | 1,69% | 20,41% |
| Colombia | 51,12% | 23,45% | 16,61% | 5,51% | 3,30% |
| Uruguay | 30,10% | 32,04% | 33,77% | 0,52% | 3,57% |
| Latinoamérica y el Caribe | 53,96% | 41,53% | 3,19% | 0,25% | 1,06% |

Fuente: RICYT, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

La educación superior y el sector empresarial (público y privado) juegan un papel fundamental dentro de los sistemas de innovación de los diferentes países, en la formación de talento humano y en la introducción de nuevos bienes y servicios en la economía. En Uruguay el sector de educación superior es quien en promedio a contribuido mayoritariamente al financiamiento de actividades de I+D, donde destaca el programa de cooperación bilateral Uruguayo-Israelí enfocado a la I+D Industrial. Por su parte, el sector empresarial Brasileño es de la región, quién más ha invertido en I+D, lo cual se puede atribuir a su gran capacidad industrial y al tamaño de su economía.

Los Gobiernos Centrales latinoamericanos son quienes en general, han impulsado mayoritariamente la generación de actividades científicas y tecnológicas, siendo la principal fuente de financiamiento de los diferentes proyectos de I+D. Este es el mismo patrón que experimentaron las actuales economías desarrolladas cuando empezaron a generar actividades de I+D, para que posteriormente, el sector empresarial sea quien tome la posta y se convierte en el motor generador de I+D en estas economías. La Tabla 3 presenta el gasto

en I+D por fuente de financiamiento de seis de las 15 economías más innovadoras del mundo según el Índice de Innovación Global (WIPO, 2014).

Tabla 3. Gasto en I+D de las economías de la OECD, participación porcentual promedio: 2009-2011

| País | Gobierno | Empresas | Educación Superior | ONG | Extranjero |
|----------------|----------|----------|--------------------|-------|------------|
| Finlandia | 24,92% | 67,06% | 0,16% | 1,18% | 6,67% |
| Estados Unidos | 31,70% | 61,78% | 2,94% | 3,57% | - |
| Reino Unido | 31,7% | 44,8% | 1,2% | 4,9% | 17,4% |
| Israel | 12,51% | 38,2% | 1,8% | 1,7% | 46,2% |
| Luxemburgo | 29,78% | 54,36% | 0,06% | 0,45% | 15,35% |
| Canadá | 25,98% | 47,65% | 16,45% | 3,44% | 6,49% |

Fuente: OECD, 2015.

Elaboración: Juan Aguilar.

Es evidente el contraste que existe con respecto a la participación de los sectores que financian la I+D en Latinoamérica y en las economías de la OECD, por tanto, es allí donde hay que apuntar en el mediano plazo, a que el foco productivo de las economías, es decir el sector empresarial, sea quien financie mayoritariamente las actividades de I+D, transformando esta inversión en procesos productivos más eficientes y en productos con mayor valor agregado.

Luego de este diagnóstico general entre las economías latinoamericanas y las economías de la OECD, se puede concluir que existe la necesidad de marcar una hoja de ruta propia como bloque para hacerle frente a la vulnerabilidad de la región frente a los mercados externos, desarrollando estrategias conjuntas que estimulen la generación de actividades de ciencia, tecnología e innovación, para de esta manera cerrar las brechas cognitivas que se han convertido en un problema estructural de la región.

3.2 La Vulnerabilidad de la Economía Ecuatoriana

La economía ecuatoriana es altamente vulnerable por dos razones: i) por ser una economía primaria exportadora y ii) por no tener política monetaria (i.e. tipo de cambio fijo extremo). En este contexto, los choques externos (i.e. fluctuación de los precios del petróleo, cambios en las demandas externas, devaluaciones en la moneda de países vecinos, etc.) son extremadamente nocivos para la economía nacional.

Entonces surge la siguiente interrogante ¿cómo contrarrestar los efectos nocivos de los choques externos? La estrategia de la transformación productiva de la economía es sin duda el mejor camino a seguir pero tardaría al menos unos treinta años en el mejor de los casos, por lo que resulta necesario aplicar estrategias complementarias alcanzables en el corto plazo hasta que se cumpla con el objetivo de transformar la matriz productiva.

Dentro de estas estrategias complementarias aparece la atracción de la inversión extranjera directa para que: i) a través de los requisitos de desempeño se solicite la transferencia de conocimiento y tecnología (i.e. capacitaciones sobre como operar los equipos y darles un adecuado mantenimiento) y ii) se generen encadenamientos productivos a través de la fabricación de partes y piezas específicas en el territorio nacional. Esto le permitirá al país entrar en un proceso de sustitución inteligente de importaciones, reducir su déficit en balanza comercial, mejorar su competitividad sistémica y minimizar el impacto de los choques externos en la economía nacional.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), determina cuatro capitales necesarios para el desarrollo de una economía emergente: el capital físico, tecnológico, humano y social.⁸ Dentro de este contexto la acumulación de capital tecnológico y la inversión en capital humano constituyen la mejor fórmula para alcanzar un crecimiento sostenible en el largo plazo, donde la investigación y desarrollo juega un papel fundamental dentro de este modelo de crecimiento (Correa, 2004).

El análisis del modelo de desarrollo endógeno Ecuatoriano es clave para este estudio ya que desde esta perspectiva, lo social se integra con lo económico y pone de manifiesto la importancia del talento humano en el desarrollo del país a través de un recurso infinitamente renovable como el conocimiento (Arocena, 1997). Por lo tanto, hasta alcanzar la transformación definitiva de la estructura productiva nacional es necesario aprovechar las capacidades internas, capacitando al talento humano, atrayendo la inversión extranjera y generando encadenamientos productivos que le permitan al país dar ese ansiado salto productivo y tecnológico.

3.3 Gestión de la I+D en el país

La gestión de la I+D en el país es relativamente nueva pero ha venido tomando un gran impulso en los últimos años. Es a partir de la concepción del proyecto emblemático “Cambio de la Matriz Productiva” que el Gobierno Central focalizó esfuerzos destinados a impulsar actividades relacionadas a la I+D, financiando proyectos de investigación, invirtiendo en la formación de talento humano, construyendo nuevas universidades, nuevos institutos públicos de investigación (IPI's), contratando científicos del más alto nivel y generando un entorno propicio para el desarrollo de la innovación en el país.

La matriz productiva constituye el conjunto de sectores industriales que producen los bienes y servicios finales de una economía. En este sentido, el cambio de la matriz productiva busca transformar el patrón de especialización extractivista y primario exportador característico del país, por el de una producción inclusiva de bienes y servicios de alto valor agregado con base tecnológica y un alto componente de innovación (MCPEC, 2011).

⁸ La lista de los cuatro capitales necesarios para el desarrollo de una economía emergente fueron tomados del libro: Vulnerabilidad de la Economía Ecuatoriana: Hacia una mejor política económica para la generación de empleo, reducción de la pobreza y desigualdad (p.66-68).

3.4 Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) 2013-2017

El Plan Nacional para el Buen Vivir constituye la hoja de ruta que marca las directrices para alcanzar el desarrollo económico, productivo y social del país. En este sentido, este plan se convierte en el eje de acción del Gobierno Central, definiendo los principales objetivos nacionales así como las diferentes políticas que encaminen a la consecución de dicho propósito.

Dentro de los objetivos establecidos en el PNBV vigente, la investigación y desarrollo constituye un componente fundamental para alcanzar tres de los doce objetivos definidos en este marco de directrices para el desarrollo.

El Objetivo No. 4 del plan establece la importancia de fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía donde sus políticas están dirigidas a promover la interacción recíproca entre la educación, el sector productivo y la investigación científica y tecnológica para la transformación de la matriz productiva y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, estableciendo la importancia de una gestión adecuada del uso y difusión de los conocimientos generados en el país (SENPLADES, 2013).

En este sentido, el Gobierno Central busca establecer políticas que incentive la articulación de la denominada triple hélice con el fin de crear riqueza conjunta en función de un proyecto común (Leydesdorff, 2006).

El Objetivo No. 10 del plan vigente 'Impulsar la Transformación de la Matriz Productiva' establece la necesidad de conformar nuevas industrias con alta productividad y capaces de generar valor agregado, donde la intensidad tecnológica sea el factor determinante en la transformación de la estructura productiva del país, promoviendo la diversificación productiva y la sustitución de importaciones de bienes similares.

Finalmente, el Objetivo No.11 'Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica' menciona la importancia de los procesos de transferencia de tecnología en la implementación de industrias que produzcan bienes intermedios y finales dentro del territorio nacional, donde la investigación aplicada y el desarrollo experimental son fundamentales para una gestión económica, industrial y científica eficiente (SENPLADES, 2013).

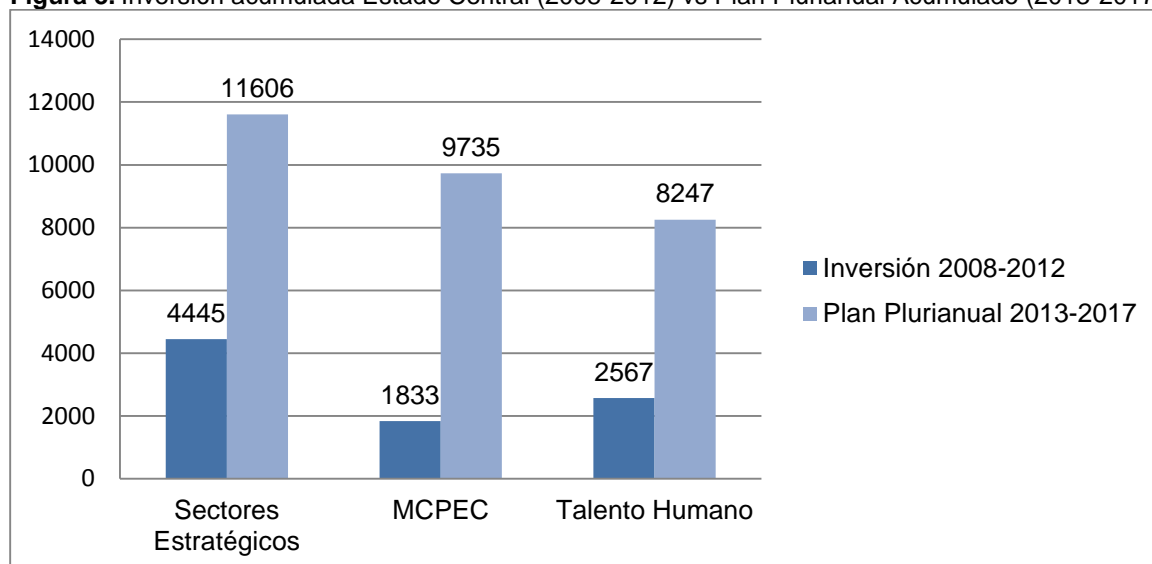
3.5 Inversión Pública y el desarrollo del Talento Humano

El Plan Plurianual de Inversión Pública (2013-2017) cuyo financiamiento está incluido en el Presupuesto General del Estado (PGE) es una pieza fundamental para la implementación

eficiente de las políticas destinadas a sostener la transformación de la estructura productiva del país.

De esta manera, en el periodo antes mencionado se establece que la inversión será destinada a la transformación de la matriz productiva, donde los programas de apoyo a la producción y el emprendimiento, y la formación de talento humano, son fundamentales para la consecución de dicho objetivo (Figura 3).

Figura 3. Inversión acumulada Estado Central (2008-2012) vs Plan Plurianual Acumulado (2013-2017)



Fuente: Senplades, 2013; INP, 2013; Ministerio de Finanzas, 2013.

Elaboración: Juan Aguilar.

Es importante mencionar también la ingente inversión que se ha realizado en becarios ecuatorianos que se están formando en las mejores universidades del mundo, hasta el momento se han otorgado más de 10.000 becas a los mejores estudiantes del país, lo cual se convertirá en el mediano plazo en una fuente inagotable de ideas que permitirá al país convertirse en una sociedad y en una economía basada en el conocimiento.

3.6 Agenda para la Transformación Productiva del Ecuador (ATP)

La ATP busca operativizar la estrategia de desarrollo productivo del Plan Nacional para el Buen Vivir que se enfoca en transformar el patrón de especialización a bienes y servicios con valor agregado y altos niveles de innovación y conocimiento (MCPEC, 2011).

En este sentido, se busca incentivar el desarrollo de proyectos innovadores, los cuales se convertirán en la base para la diversificación productiva, la generación de riqueza en el país, y la mejora del bienestar social. Para garantizar una acción integral, la agenda para la transformación productiva consta de ocho pilares fundamentales descritos en la Tabla 4.

Tabla 4. Pilares de la Agenda para la Transformación Productiva

| Pilar | Descripción |
|--------------|--|
| I | Cambio de la Matriz Productiva. |
| II | Reducción de la heterogeneidad estructural. |
| III | Democratización de los recursos/ Empleo de calidad. |
| IV | Talento Humano. |
| V | Sistema integral para la innovación y el emprendimiento. |
| VI | Competitividad y productividad sistémica. |
| VII | Crecimiento verde: sostenibilidad ambiental. |
| VIII | Cambio cultural e imagen país. |

Fuente: Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad, 2011.

Elaboración: Juan Aguilar.

Con el firme propósito de establecer las bases para la transformación productiva del país, la ATP prevé un conjunto de políticas que abarquen aspectos como incentivos tributarios, subsidios, financiamiento, compras públicas, transferencia de tecnología, espacios económicos especiales, promoción de exportaciones, entre otros, tomando en cuenta que para una implementación efectiva de estas políticas es necesario crear espacios de articulación y coordinación entre los diferentes sectores de la economía (MCPEC, 2011).

3.7 La I+D y el Régimen Tributario Ecuatoriano

La Ley de Régimen Tributario Interno vigente establece en su Artículo 10 que durante el plazo de 5 años, las medianas empresas, tendrán derecho a la deducción del 100% adicional de los gastos incurridos en los siguientes rubros:

1. Capacitación técnica dirigida a investigación, desarrollo e innovación tecnológica, que mejore la productividad, y que el beneficio no supere el 1% del valor de los gastos efectuados por conceptos de sueldos y salarios del año en que se aplique el beneficio (Servicio de Rentas Internas, 2012).

2. Gastos en la mejora de la productividad a través de las siguientes actividades: asistencia técnica en desarrollo de productos mediante estudios y análisis de mercado y competitividad; asistencia tecnológica a través de contrataciones de servicios profesionales para diseño de procesos, productos, adaptación e implementación de procesos, de diseño de empaques, de desarrollo de software especializado y otros servicios de desarrollo empresarial que serán especificados en el Reglamento de esta ley, y que el beneficio no superen el 1% de las ventas.

El artículo 12 de esta ley menciona que también será deducible la amortización de inversiones necesarias realizadas para los fines del negocio o actividad, entendiéndose por inversiones necesarias a los desembolsos realizados para los fines del negocio que sean susceptibles de desgaste, y que, de acuerdo con la técnica contable, se deban registrar como activos para su amortización en más de un ejercicio impositivo.

Estos gastos pueden ser pre-operacionales, de instalación, organización, investigación y desarrollo, costos de obtención o explotación de minas y costo de intangibles que sean susceptibles de desgaste.

4. Transformación Productiva de la Economía Ecuatoriana

Como parte fundamental del salto hacia la transformación económica, productiva y social; el Gobierno Ecuatoriano ha desarrollado a través de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación el “*Ecosistema de Innovación Social*” el cual centra al talento de las y los ecuatorianos como elemento esencial para consolidar el cambio de la matriz productiva del país.

En el Ecosistema de Innovación, el Gobierno se articula con el sector privado, la academia y la sociedad para generar un espacio en donde las ideas puedan ser puestas en marcha y convertirse en proyectos que impulsen la transformación productiva del país en el largo plazo (SENESCYT, 2015).

4.1 Componentes del Ecosistema de Innovación Social

El Ecosistema de Innovación social contiene tres líneas de componentes que se articulan de manera integral y permiten el desarrollo de una economía innovadora. La primera línea de componentes constituyen los ejes del sistema, es decir, las bases sobre las cuales se edifica la nueva economía innovadora, estos componentes son:

- Cultura y entorno.
- Talento Humano.
- Institucionalidad y Regulaciones.

La segunda línea de componentes constituyen los medios en base a los cuales se busca lograr la transición hacia una nación innovadora, estos componentes son:

- Desarrollo de incentivos
- Articulación de actores.
- Redes de cooperación.

Finalmente, la tercera línea de componentes del ecosistema de innovación social resume las actividades centrales que se pretende desarrollar para cimentar las bases de una transformación productiva de la economía y mejorar el bienestar de la sociedad en general.

- Investigación y Desarrollo Tecnológico.
- Servicios para la gestación de la innovación.
- Transferencia Tecnológica.

Para la consecución de este fin es necesario fortalecer los procesos de educación y capacitación en todos los niveles (RICYT, 2011). Solo garantizando una educación de calidad se podrá contar con talento humano capaz de generar un cambio sustancial en el desarrollo de nuevas tecnologías y productos que permitan la transición de la economía hacia la generación de conocimiento.

Un primer acercamiento entre la sociedad, el sector productivo y el gobierno central en materia de innovación constituye el programa “Banco de Ideas” impulsado por la Senescyt. Este programa es una plataforma virtual en la cual los ciudadanos emprendedores presentan su proyecto de innovación y aquellos que tengan alta intensidad tecnológica y un gran potencial de crecimiento son escogidos y acceden a capital semilla para que a través de incubadoras de empresas puedan desarrollar sus proyectos hasta obtener un producto mínimo viable listo para ser comercializado.

4.2 La Transferencia de Tecnología

Dentro de una economía basada en el conocimiento, la transferencia de tecnología cumple un rol fundamental, ya que ésta constituye el proceso en el que se transfiere habilidades, conocimiento y nuevas tecnologías entre el gobierno, la empresa privada, las universidades y demás instituciones involucradas en actividades de ciencia, tecnología e innovación.

El objetivo del proceso de transferencia tecnológica es garantizar que los avances científicos y tecnológicos sean accesibles a un mayor número de usuarios, los cuales podrán a su vez desarrollar y explotar este conocimiento y transformarlo en nuevos productos y procesos que pasen a formar parte de la producción nacional. Sin embargo, muchas veces la transferencia de tecnología está ligada a costos (i.e. royalties) que se convierten en la principal barrera para la diseminación del conocimiento y el desarrollo de la innovación en general.

Con el fin de cristalizar este objetivo, la Senescyt a través de la Subsecretaría de Transferencia de Tecnología, se encarga de encontrar proyectos de investigación con gran potencial de crecimiento y gestionar su inserción en el aparato productivo del país. Estos proyectos entran a un proceso de evaluación técnica y financiera donde se determina su factibilidad en función de las necesidades de la sociedad y los sectores considerados como estratégicos para el cambio de la matriz productiva.

Actualmente se están desarrollando esfuerzos conjuntos entre varias carteras de estado para implementar centros de transferencia de tecnología en el país, los cuales se enfocarán inicialmente en el desarrollo tecnológico de cinco áreas que han sido determinadas como prioritarias para los intereses del país, estas son:

- Sistemas de transporte terrestre.
- Equipos y accesorios mecánicos, materiales y metalurgia.
- Electrónica y equipos médicos.
- Biotecnología.

El enfoque de desarrollo tecnológico en estas áreas, responde claramente a la capacidad y potencialidad productiva del país, que, como se presentará a continuación se concentra en industrias de baja y media baja tecnología. Finalmente, es necesario mencionar que: para el desarrollo y buen funcionamiento de estos centros, la articulación del estado, el sector productivo y la academia, es fundamental.

4.3 La Industria Ecuatoriana y su Intensidad Tecnológica

El primer paso para analizar las necesidades de mejora tecnológica de los diferentes sectores productivos de la economía nacional, es clasificarlos según su nivel de intensidad tecnológica para de esta manera contar con una visión más amplia de la estructura productiva del país y apreciar en qué nivel de intensidad tecnológica se concentra la industria nacional. La OECD (2011) clasifica a las industrias manufactureras de sus países miembro en cuatro niveles de intensidad tecnológica: alta, media alta, media baja y baja.

Las tablas Oferta-Utilización de la economía ecuatoriana registran la información de 69 ramas de actividad y 71 partidas de productos que son utilizados como consumos intermedios en los diferentes procesos productivos que se generan en la economía nacional. A partir de esta información se procedió a clasificar a las industrias manufactureras ecuatorianas según la clasificación de intensidad tecnológica de la OECD (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de las Industrias Manufactureras Ecuatorianas según su intensidad tecnológica

| Alta Tecnología | | CPCN |
|---|--|-------------|
| Fabricación de maquinaria y equipo | | 029001 |
| Fabricación de otros productos químicos | | 025002 |
| Media Alta Tecnología | | |
| Fabricación de equipo de transporte | | 030001 |
| Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y plásticos primarios | | 025001 |
| Media Baja Tecnología | | |
| Fabricación de productos de caucho | | 026001 |
| Fabricación de productos de plástico | | 026002 |
| Fabricación de vidrio, productos refractarios y de cerámica | | 027001 |
| Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra | | 027002 |
| Fabricación de metales comunes | | 028001 |
| Fabricación de productos derivados del metal, excepto maquinaria y equipo | | 028002 |
| Fabricación de productos refinados de petróleo y de otros | | 024001 |
| Baja Tecnología | | |
| Procesamiento y conservación de carne | | 011001 |
| Procesamiento y conservación de camarón | | 012001 |
| Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados | | 013001 |
| Conservación de especies acuáticas | | 013002 |
| Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal | | 014001 |
| Elaboración de productos lácteos | | 015001 |
| Elaboración de productos de molinería | | 016001 |
| Elaboración de productos de la panadería | | 016002 |
| Elaboración de fideos y de otros productos farináceos | | 016003 |
| Elaboración y refinación de azúcar | | 017001 |
| Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería | | 018001 |
| Elaboración de alimentos preparados para animales | | 019001 |
| Elaboración de café | | 019002 |
| Elaboración de otros productos alimenticios diversos | | 019003 |
| Elaboración bebidas alcohólicas | | 020001 |
| Elaboración bebidas no alcohólicas | | 020002 |
| Elaboración de productos de tabaco | | 020003 |
| Fabricación de hilos, hilados; tejidos y confecciones | | 021001 |
| Fabricación de prendas de vestir | | 021002 |
| Fabricación de cuero, productos de cuero y calzado | | 021003 |
| Producción de madera y de productos de madera | | 022001 |
| Fabricación de papel y productos de papel | | 023001 |
| Fabricación de muebles | | 031001 |
| Industrias manufactureras ncp | | 032001 |

Fuente: OECD, 2011; BCE, 2013.

Elaboración: Juan Aguilar.

Como se puede apreciar, las industrias manufactureras ecuatorianas se concentran en las categorías de media baja y baja tecnología, esto no sorprende en lo absoluto, pero permite reflexionar sobre la necesidad de desarrollar nuevas industrias intensivas en conocimiento y tecnología, para lo cual es necesario redoblar esfuerzos en materia de inversión en I+D, generar procesos de transferencia de tecnología, orientar la inversión extranjera a la producción de bienes con alto valor agregado e insertarse en cadenas de valor a nivel mundial, para de esta manera dar pasos firmes con miras a la transformación de la estructura productiva del país.

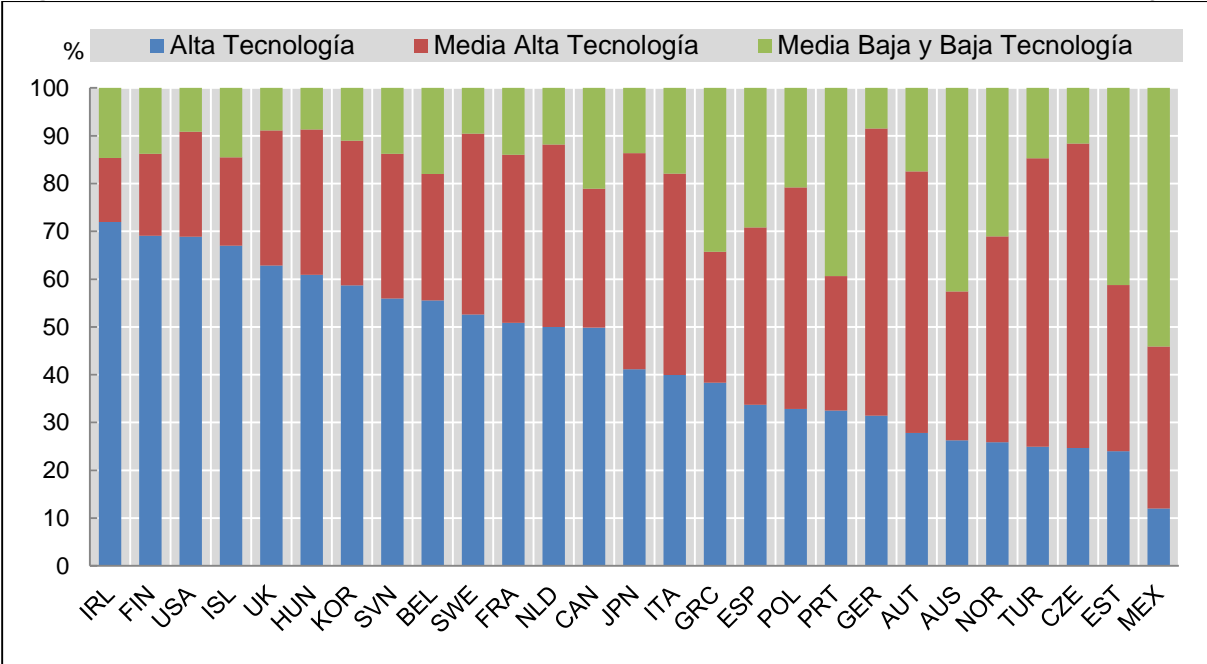
Palda (1986), define a la intensidad tecnológica como el grado en que los esfuerzos en I+D contribuyen al incremento de la productividad de una industria y/o al aumento de sus ingresos. El cálculo de la intensidad tecnológica de un sector específico de la economía (i), se realiza aplicando la siguiente fórmula⁹:

$$Intensidad\ Tecnológica_i = \frac{Gasto\ Intramuros\ en\ I + D_i}{Producción\ Total_i}$$

Aplicando esta fórmula al sector manufacturero ecuatoriano se obtuvo que para el año 2011 la intensidad tecnológica de este sector fue de 0,2%, muy similar a la de Polonia y México que reportaron intensidades de 0,23 y 0,25 % respectivamente; la media de los países de la OCDE fue de 2,5% (OECD, 2011).

La Figura 4 presenta la distribución del gasto empresarial en I+D para el sector manufacturero de los países miembros de la OCDE, clasificados según su intensidad tecnológica; donde se puede apreciar que este rubro estuvo enfocado a la producción de bienes de alta tecnología con una participación promedio del 44, 06% mientras que en los sectores restantes, esta participación fue del 35,75 y 20,19 % respectivamente, lo cual es coherente con el nivel de desarrollo industrial y tecnológico de estos países que es hacia donde debe apuntar el Ecuador en el largo plazo.

Figura 4. Participación de la I+D empresarial en el sector manufacturero clasificado por intensidad tecnológica



Fuente y elaboración: OECD, 2011.

⁹ Para el cálculo de la intensidad tecnológica del sector manufacturero ecuatoriano se utilizó la información de la encuesta ACTI (i.e. Gasto en I+D por rama de actividad) y los datos de las tablas de oferta-utilización del Banco Central del Ecuador, ambos a dólares corrientes. Esta forma de cálculo es la que utilizan los países de la OECD para clasificar sus industrias por intensidad tecnológica.

Hacia una Economía Basada en el Conocimiento

1.1 El conocimiento como bien público

El conocimiento se caracteriza y se diferencia de otros bienes económicos por ser un bien no rival, exclusivo y acumulativo (Guzmán, 2000). Es un bien no rival porque puede ser utilizado al mismo tiempo por varios individuos sin disminuir la utilidad de ninguno de ellos. El conocimiento es un bien parcialmente exclusivo debido a que los propietarios del nuevo conocimiento pueden limitar su acceso a través de derechos de propiedad intelectual como las patentes. Finalmente, el conocimiento es acumulativo ya que a cada innovación le antecede una cadena de innovaciones.

En este sentido, la no rivalidad del conocimiento tiene dos repercusiones en la teoría de crecimiento: primero, permite la acumulación y el aprovechamiento compartido del conocimiento y segundo, gracias a la difusión del conocimiento se evita que la exclusión sea completa. Por tanto, a medida que los avances científicos y tecnológicos se vayan desarrollando, los nuevos investigadores pueden hacer uso del conocimiento acumulado y desarrollar nuevos productos o aplicaciones que beneficien a la sociedad en general, lo cual resalta la importancia del acervo cognitivo (Aghion y Howitt, 1998).

En el país se acabó de desarrollar el Código Orgánico de la Economía Social del Conocimiento e Innovación (COESC+i), el cual busca llevar a nivel de norma las directrices establecidas para la construcción de una economía basada en el uso intensivo de recursos infinitos como el conocimiento, la creatividad y la innovación y a su vez recuperar el sentido del conocimiento como bien público, garantizando un mayor acceso a éste y minimizando sus niveles de exclusividad (SENESCYT, 2015).

1.2 Diferencia entre conocimiento e información

Considerar a la información y al conocimiento como sinónimos es un error debido a que se omiten actividades y capacidades humanas fundamentales, como el aprendizaje y la cognición. Este es un error muy común entre los economistas, ya que han acostumbrado a creer que la reproducción de conocimientos es sinónimo de codificación, transmisión y recepción de la información existente (UNESCO, 2002).

Si bien la información se origina principalmente del conocimiento existente, tener información no es lo mismo que tener conocimiento, porque la información toma un carácter estático si no está acompañada de conocimiento, es decir, un individuo con determinada información no puede generar nueva información a partir de esta sin conocimiento, es por esto que el desarrollo de las capacidades y habilidades cognitivas son esenciales para las economías basadas en el conocimiento.

Por tanto, lo que diferencia al conocimiento de la información es precisamente la capacidad de ampliar, extrapolar e inferir nueva información, convirtiéndose en un factor determinante para el adelanto tecnológico, productivo y social de las economías.

1.3 La I+D y la Competitividad

El Foro Económico Mundial (2014) a través de su Índice de Competitividad Global, evalúa la competitividad de 144 economías, presentando los componentes claves para la productividad de las diferentes economías. Este índice ubica a países como Suiza, Holanda, Finlandia, Estados Unidos, Suecia, Hong Kong y Singapur dentro de las economías con mayores niveles de competitividad en el mundo.

Uno de los principales pilares que este índice considera es el de innovación, el cual incluye los siguientes parámetros: la innovación per se, la capacidad para innovar, la calidad de las instituciones de investigación científica, el gasto de empresas en I+D, la colaboración de la academia en I+D, las compras públicas de productos tecnológicos avanzados, la disponibilidad de científicos e ingenieros y las aplicaciones de patente. Este pilar permite apreciar la importancia de las actividades de I+D dentro de la mejora competitiva de las economías a través de la generación de conocimiento y la introducción de nuevos productos al mercado.

La mejora en la competitividad alcanzada a través del fomento de actividades de I+D y la adecuada articulación entre los diferentes sectores de la economía, permitirá alcanzar una mejora sustancial en el saldo de balanza comercial, incrementando la exportación de productos con alto valor agregado y disminuyendo la importación de bienes que puedan ser producidos en el territorio nacional.

La experiencia de los tigres asiáticos es el caso de estudio más conocido en temas de adelantos tecnológicos y crecimiento económico, donde, Hong Kong, Taiwán, Singapur y Corea del sur pasaron de ser economías primitivas a economías desarrolladas en la década de los 80. La clave de estos países fue aprovechar su ventaja comparativa en mano de obra y emprender procesos de desagregación tecnológica, lo cual les permitió ser productores de bienes y servicios con alto valor agregado y componente tecnológico.

Actualmente Vietnam es considerado como el nuevo tigre asiático gracias a su inserción en cadenas de valor a nivel mundial y al aprovechamiento de sus capacidades internas. Los factores que favorecieron este despegue fueron: i) su densidad poblacional, lo cual permite que el costo de su mano de obra sea la mitad de el de China; ii) su importante inversión extranjera directa enfocada a la producción y a la inserción en cadenas de valor a nivel mundial; iii) su ubicación geopolítica, la cual constituye la principal ruta marítima para el ingreso a China, uno de los países con mayores socios comerciales del mundo (i.e. ingresos

por tasas portuarias) y iv) su situación demográfica ya que Vietnam es un país con una fuerza laboral muy joven, donde apenas el 9 % de su población es mayor a 60 años.

La experiencia Vietnamita es de gran relevancia para este análisis ya que demuestra como a través de la inserción en cadenas de valor se pueden desarrollar procesos de aprendizaje también conocidos como “know how” sobre la fabricación de diferentes productos con componente tecnológico, para de esta manera generar mayor valor agregado en la economía y en el mediano plazo diversificar las líneas de producción.

1.4 La I+D y el Desarrollo Humano

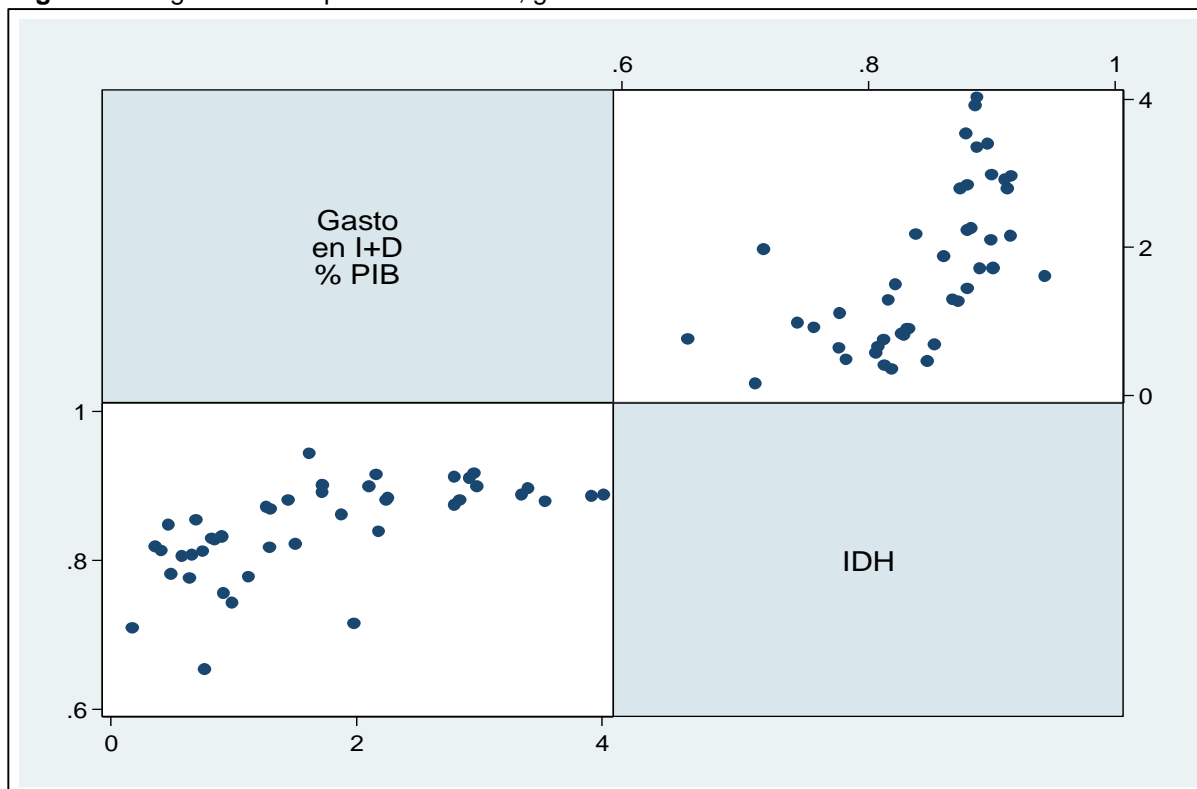
Generalmente los economistas tienden a confundir crecimiento económico con desarrollo social, incurriendo en un grave error, ya que se puede tener altos niveles de crecimiento y al mismo tiempo tener altos niveles de desigualdad, falta de acceso a servicios básicos (i.e. pobreza por necesidades básicas insatisfechas) y por tanto una población con bajos estándares de vida. En este sentido, las políticas enfocadas al desarrollo humano (i.e. inversión en educación, salud e infraestructura) se convierten en pieza fundamental para la reducción de la desigualdad, la generación de oportunidades y la ruptura del ciclo nocivo de la pobreza.

Para corroborar con la teoría económica que menciona que la inversión en I+D genera capacidades y riqueza y que a su vez, ésta permite mejorar el bienestar de la gente, resulta interesante evaluar la concordancia que existe entre las clasificación de las economías en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y el gasto interno bruto en I+D para el año 2012, último año con información estadística referente a I+D.

Para este fin se aplicó una prueba estadística no paramétrica denominada la correlación de Spearman a 45 economías de todo el mundo, arrojando un coeficiente estadísticamente significativo $r_{Spearman} = 0.72$. Este resultado muestra una concordancia sorprendentemente alta entre la clasificación de estos dos indicadores para las economías analizadas, lo cual denota que en general los países que más invierten en I+D también son aquellos países con mayores niveles de bienestar y desarrollo humano.¹⁰

¹⁰ La prueba estadística no paramétrica de Spearman fue realizada para las economías que contaban con información actualizada hasta el año 2012 con respecto al gasto interno bruto en I+D para poder contrastar con los respectivos puntajes en el índice de desarrollo humano del mismo año. Esta prueba se corrió luego de armar una base de datos con 45 observaciones en el programa estadístico STATA, de donde también se obtuvo el diagrama de dispersión matricial presentado en la Figura 5.

Figura 5. Diagrama de dispersión matricial, gasto en I+D como % PIB e índice de desarrollo humano



Fuente: PNUD, 2014; OECD, 2013.

Elaboración: Juan Aguilar.

En este análisis también se pudo apreciar que los seis países más innovadores del mundo según el Índice de Innovación Global (WIPO, 2014) (i.e. Suiza, Gran Bretaña, Suecia, Finlandia, Holanda y Estados Unidos), ocupan las 14 primeras posiciones en el Índice de Desarrollo Humano dentro de la categoría 'Desarrollo Humano Muy Alto' (PNUD, 2014). Esto muestra que la I+D, la innovación y el adelanto tecnológico son conductores del crecimiento económico y el desarrollo humano.

1.5 Las Economías del Conocimiento

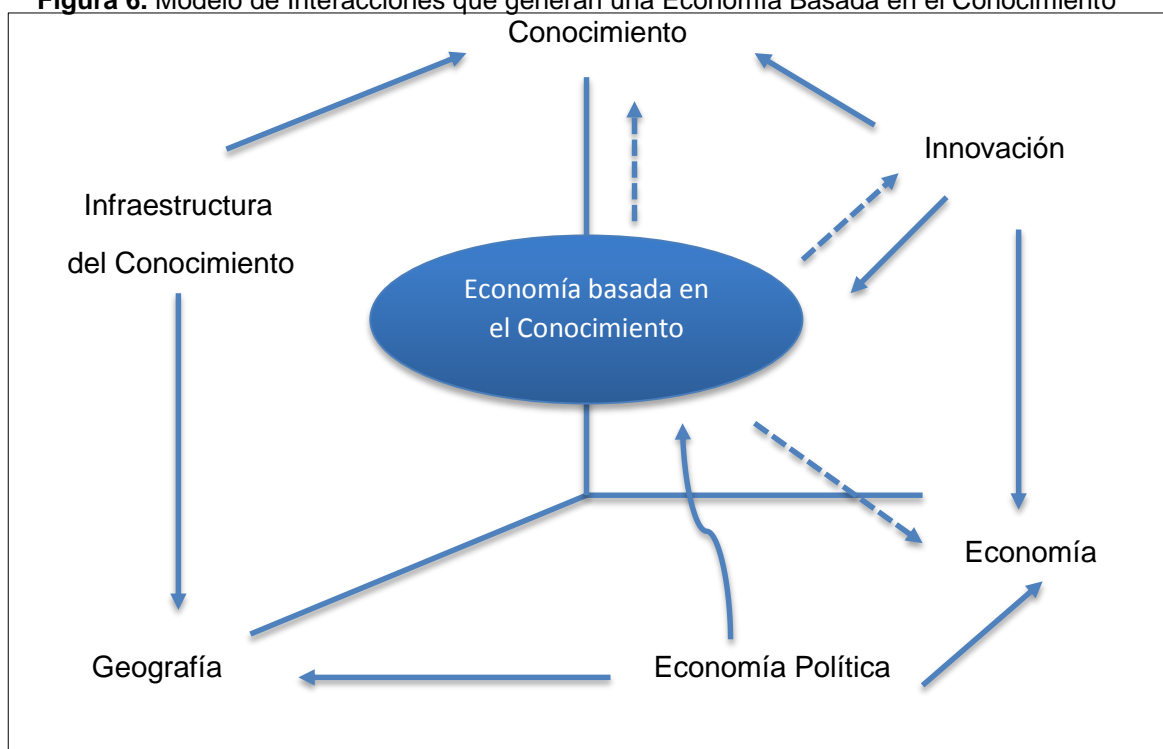
Pocos conceptos introducidos por los economistas modernos han tenido más éxito que el de 'economías basadas en el conocimiento' (Leydesdorff, 2006). El término se deriva de reconocer la importancia del conocimiento y la tecnología en las economías modernas, instaurando una nueva noción de crecimiento económico.

Al sostener el argumento de que las economías industrializadas se basan en el conocimiento, se reconoce que el contenido y la estructura de las actividades económicas que allí se desarrollan, así como gran parte de los avances sociales y culturales se pueden distinguir de las demás economías por el ritmo y el alcance de la producción y la aplicación práctica de los conocimientos (UNESCO, 2002).

Por lo tanto, el stock de conocimiento aumenta a medida que se realizan nuevas invenciones, beneficiando a quien la realizó, a los nuevos investigadores y a la sociedad en general, mejorando de esta manera la productividad general de la economía y la difusión del conocimiento entre generaciones.

Bajo este contexto, la construcción de una sociedad del conocimiento es definitivamente la clave para una transformación productiva, económica y social de una nación. Leydesdorff (2006) desarrolló un modelo en el que esquematiza las diferentes interacciones que se llevan a cabo en las economías basadas en el conocimiento, donde como se puede apreciar en la Figura 6, se requiere de la articulación de los diferentes actores de la economía para permitir su continuo desarrollo.

Figura 6. Modelo de Interacciones que generan una Economía Basada en el Conocimiento



Fuente y Elaboración: (Leydesdorff, 2006, p.24.)

Este grupo de interacciones tiene su piedra angular en el desarrollo de las capacidades físicas y humanas disponibles en una economía. Para resumir este modelo se puede decir que, considerando las características físicas y humanas de una economía, el Estado a través de política pública es quien debe fomentar la generación de conocimiento, impulsando programas que incentiven el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación que permitan la transformación productiva de la economía.

El Banco Mundial (2012) desarrolló un índice en el cual evalúa a las economías según sus capacidades cognitivas considerando los cuatro pilares de la economía del conocimiento:

- Incentivos Económicos y Régimen Institucional.
- Innovación y adopción de tecnologías.
- Educación.
- Infraestructura de las Tecnologías de Información y Comunicación.

Los resultados de este índice muestran que las cinco economías más intensivas en conocimiento a nivel mundial son: Suecia, Finlandia, Dinamarca, Holanda y Noruega. Ecuador por su parte se ubica en el puesto 98 de 146 economías con un índice de 3.72 en una escala de 1-10.

Resulta interesante apreciar como estos resultados concuerdan con la ubicación de estas economías en índices como el de competitividad, de innovación y el de desarrollo humano, donde estas economías también ocupan las primeras posiciones. En términos sencillos esta relación muestra que; las economías que más invierten en I+D, son las más innovadoras y por ende se encuentran dentro de las economías más competitivas del mundo lo cual les permite crecer económicamente y generar mejores condiciones de vida para sus habitantes.

Por lo tanto, se puede concluir que existe coherencia en el modelo de desarrollo de las economías basadas en el conocimiento, las cuales aprovechan sus capacidades internas, desarrollan su talento humano para generar conocimiento, invierten grandes sumas en I+D para generar nuevos productos y procesos, e impulsan la innovación para generar crecimiento económico y mejorar el bienestar de la sociedad.

1.6 La Educación Superior y la Sociedad del Conocimiento

Para lograr construir una sociedad que reconozca al conocimiento como la fuente principal para el desarrollo individual y desde una perspectiva macro para el desarrollo económico del país, la educación superior es un fundamental dentro de este salto cognitivo de la sociedad y de la economía en general.

El Banco Mundial (2002) reconoce que el progreso económico y social es alcanzado principalmente a través de adelantos y aplicaciones prácticas del conocimiento, y que para su creación y diseminación efectiva, la educación terciaria cumple un rol fundamental, generando a su vez capacidad técnica y profesional.

Bajo este contexto, las economías emergentes corren el riesgo de ser aún más marginalizadas en una economía mundial altamente competitiva ya que sus sistemas de educación no están adecuadamente preparados para beneficiarse de la creación y uso del conocimiento.

Por lo tanto los esfuerzos en educación superior y en concreto en la formación de talento humano son fundamentales para la generación, disseminación y aplicación del conocimiento, lo que facilitará la transición hacia una sociedad del conocimiento.

Piketty (2014) sostiene que para alcanzar una sociedad equitativa y eficiente se requiere contar con una educación pública de calidad que permita democratizar el acceso a la educación en todos sus niveles y generar igualdad de oportunidades entre los diferentes estratos sociales.

Finalmente, Piketty menciona que este cambio de paradigma donde se prioriza el gasto social y se impulsa la difusión de conocimiento así como el desarrollo de capacidades, resuelve uno de los problemas estructurales de la economía, la inequidad, por lo que garantizar una educación de calidad resulta ser la mejor fórmula para mitigar la pobreza y la desigualdad.

Las economías más desarrolladas del mundo dependen cada vez más del conocimiento y la información. El conocimiento es reconocido actualmente como el motor de la productividad y el crecimiento económico, lo cual ha llevado a prestar mayor atención al rol de la información, la tecnología y el aprendizaje en el desempeño económico.

1.7 El conocimiento y el crecimiento económico

La tendencia actual de considerar al conocimiento como un factor de producción exógeno ha llevado a que se revisen los modelos y teorías de crecimiento económico. Las funciones de producción tradicionales se enfocan en el trabajo, el capital, materiales y energía, donde el conocimiento y la tecnología son consideradas como influencias externas en el proceso de producción, por lo que varios estudios se han desarrollado para incluir al conocimiento de forma directa en las funciones de producción (OECD, 1996).

Las inversiones en conocimiento tienen la capacidad de incrementar la capacidad productiva de los otros factores de producción así como de transformarlos en nuevos productos o procesos y debido a que las inversiones en conocimiento se caracterizan por tener retornos crecientes, se convierten en pieza clave para el crecimiento económico en el largo plazo.

De acuerdo a la función de producción neoclásica, los retornos decrecen a medida que se aumenta mayor capital a la economía, este efecto puede ser compensado por el flujo de nuevos conocimientos y tecnología, denotando la importancia de invertir en actividades de I+D que mejoren la productividad general de la economía y permita un aprovechamiento más eficiente de los factores de producción.

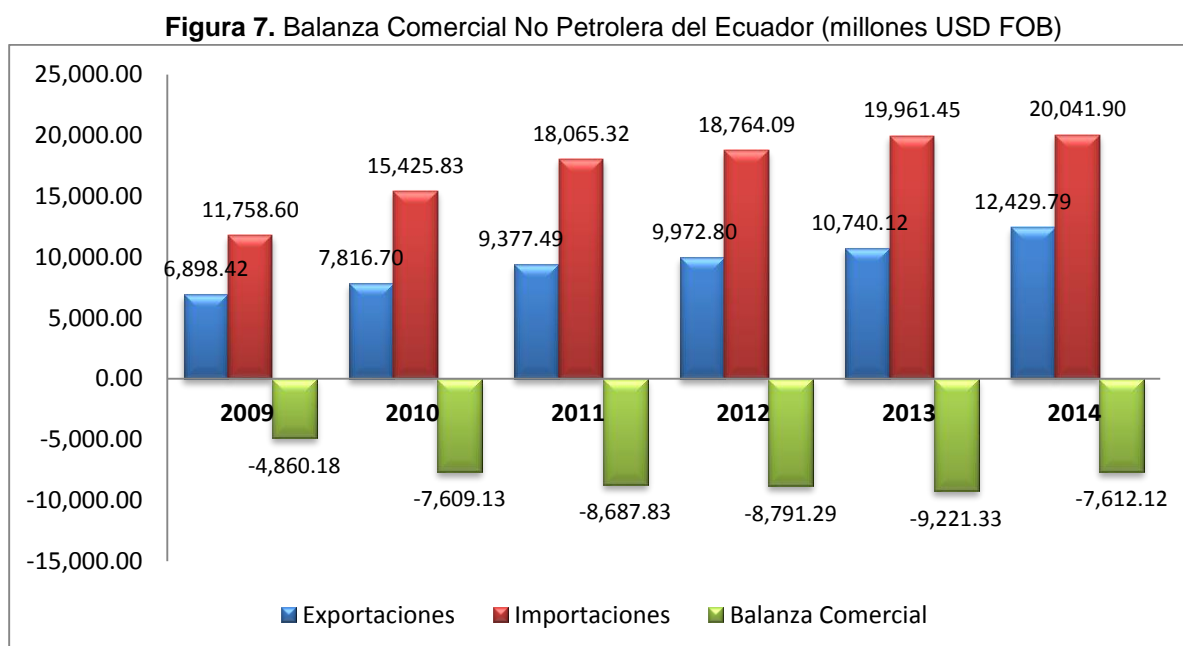
En las nuevas teorías de crecimiento, el conocimiento puede incrementar sus retornos con respecto a la inversión, lo que a su vez contribuye a una mayor acumulación de conocimiento en la sociedad. El conocimiento también puede propagarse de una industria a otra, lo cual puede facilitar las restricciones en el crecimiento asociadas a la escasez de capital.

1.8 La Ley de Thirlwall y la I+D

La Ley de Thirlwall sostiene que el crecimiento del PIB en el largo plazo depende de la tasa de crecimiento de las exportaciones y de la elasticidad ingreso de la demanda de las importaciones, en otras palabras, Thirlwall encuentra al equilibrio en balanza de pagos como un componente fundamental para el crecimiento económico (Thirlwall, 2011).

En su estudio Thirlwall establece que el comercio internacional se convierte muchas veces en una restricción para el crecimiento económico de los países en vías de desarrollo, y que con un mejor desempeño en sus exportaciones y una elasticidad ingreso de la demanda de importaciones menor, estos países podrían crecer mucho más rápido.

Lamentablemente uno de los problemas estructurales de la economía ecuatoriana es el permanente déficit en balanza comercial, es decir, el país importa mucho más de lo que exporta. La Figura 7 muestra esta tendencia en el saldo de la balanza comercial no petrolera, la cual excluye de su contabilidad a las exportaciones por concepto de la venta de petróleo, principal fuente de ingresos del país, permitiendo visualizar esta brecha con mayor claridad.



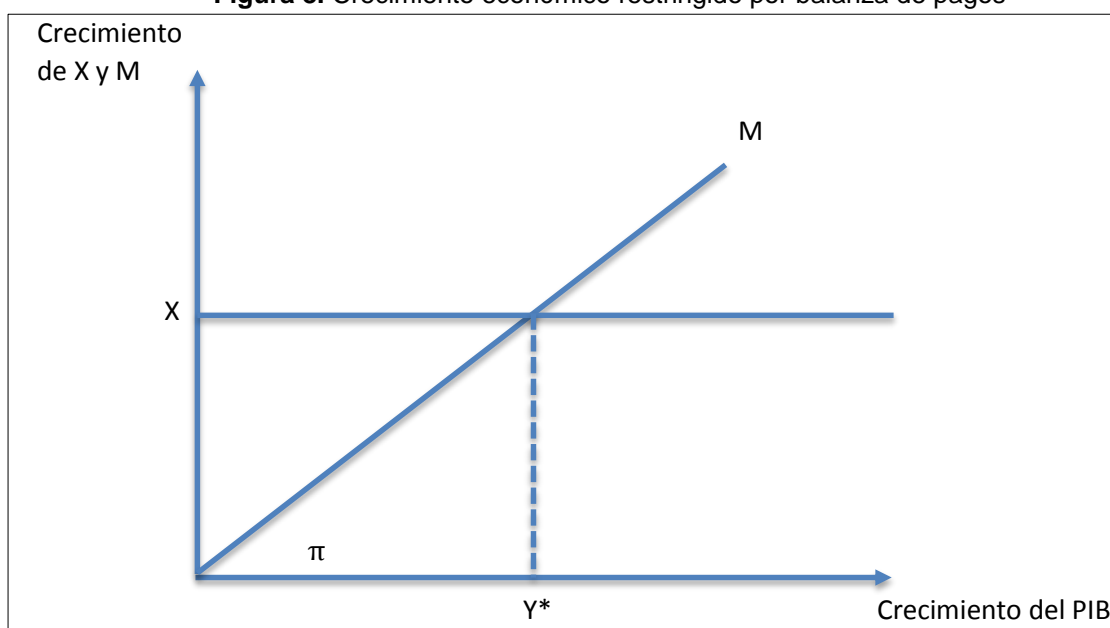
Fuente: Banco Central del Ecuador, 2015. Información Estadística Mensual, Boletín N° 1957.

Elaboración: Juan Aguilar.

Los esfuerzos enfocados al cambio de la matriz productiva se enfocan precisamente en generar mayor valor agregado en la producción nacional, diversificar la oferta de exportaciones y sustituir inteligentemente ciertas importaciones, para de esta manera mejorar el saldo en balanza comercial y la competitividad del país.

La Figura 8 muestra gráficamente el modelo de crecimiento económico restringido por balanza de pagos, donde la tasa de crecimiento del PIB (Y^*) está definida por la intersección de las curvas X (i.e. exportaciones) y M (i.e. importaciones), donde, a medida que la curva de exportaciones crece y la curva de importaciones se vuelve más inelástica (i.e. mejora en saldo de balanza comercial), la tasa de crecimiento en equilibrio aumenta.

Figura 8. Crecimiento económico restringido por balanza de pagos



Fuente y Elaboración: (Thirlwall, 2011).

Por lo tanto, es necesario transformar la estructura productiva del país para mejorar su competitividad frente al resto del mundo, para lo se requiere una fuerte inversión en I+D, apostarle a la innovación y generar espacios de articulación entre los diferentes sectores de la economía para transformar ideas y proyectos en nuevos bienes y servicios que mejoren el bienestar económico y social del país.

La Investigación y Desarrollo (I+D) en el Ecuador

1. Producción Científica del Ecuador

La producción científica se define como el proceso en el que múltiples insumos como bienes de capital, científicos preparados, infraestructura tecnológica, etc.; son transformados en varios productos científicos como publicaciones, patentes, transferencia de conocimiento y tecnología (Jansen, 2006).

El papel de los investigadores es fundamental para la generación de nuevos conocimientos y para incrementar la producción científica del país. El número de investigadores en Ecuador aumentó significativamente de 2009 a 2011 con un incremento del 68, 45%, siendo este grupo el de mayor representación con respecto al total del personal que realiza actividades de ciencia y tecnología en el país (Tabla 6).

Tabla 6. Personal de Ciencia y Tecnología, 2009 - 2011
(Expresado en número de personas físicas)

| | 2009 | 2010 | 2011 |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Investigadores | 2.222 | 2.871 | 3.743 |
| Becarios de doctorado en I+D | 191 | 220 | 284 |
| Técnicos y personal asimilado en I+D | 1.194 | 1.494 | 1.734 |
| Otro personal de apoyo | 937 | 2.268 | 1.049 |
| Personal de servicios en C y T | 706 | 997 | 974 |
| Total personal C y T personas físicas | 5.250 | 7.850 | 7.784 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Es importante resaltar que este notable incremento de científicos en el país se atribuye en gran parte a la contratación de profesionales con PhD y Post-doctorados en el programa Prometeo impulsado por la Senescyt, el cual incorpora investigadores de la más alta calidad para que realicen investigación científica y transmitan su conocimiento a través de la docencia en diferentes instituciones de educación superior.

1.1 Investigadores por cada mil integrantes de la PEA

La Tabla 7 muestra que en el año 2011 el Ecuador tuvo un investigador por cada dos mil integrantes de la PEA, muy por debajo del promedio latinoamericano que fue de 1,69 investigadores por cada mil integrantes de la PEA para el período 2009-2011, donde el país que resalta es Argentina con alrededor de 4 investigadores por cada mil integrantes de la PEA (RICYT, 2013).

Tabla 7. Investigadores por cada mil integrantes de la PEA, Ecuador y América Latina periodo 2009 – 2011 (expresado en número de personas)

| | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|------|------|------|
| Personas Físicas (PF) | 0,37 | 0,48 | 0,61 |
| Personal equivalente a jornada completa (EJC) | 0,27 | 0,33 | 0,42 |
| América Latina y el Caribe (PF) | 1,62 | 1,70 | 1,74 |
| América Latina y el Caribe (EJC) | 1,05 | 1,11 | 0,61 |

Fuente: SENESCYT, 2013; RICYT, 2013.

Elaboración: Juan Aguilar.

1.2 Evolución de la producción científica del Ecuador

La producción de artículos científicos del país tiene un peso relativo mínimo en relación a la región y el mundo (Tabla 8). Es así que para el año 2013 la participación del país con respecto a la investigación mundial fue de apenas el 0.03 %, tendencia similar a la mostrada con respecto a Latinoamérica donde el país tuvo una participación del 0.62 % del total de publicaciones científicas de la región.

Brasil es el país latinoamericano que ha realizado un mayor esfuerzo en materia de investigación científica con una participación aproximada del 55 % en el 2013 y más de 56000 documentos científicos publicados en el mismo año (SCIMAGO, 2015).

Tabla 8. Total de Artículos científicos ecuatorianos publicados, porcentaje con respecto a Latinoamérica y el Mundo

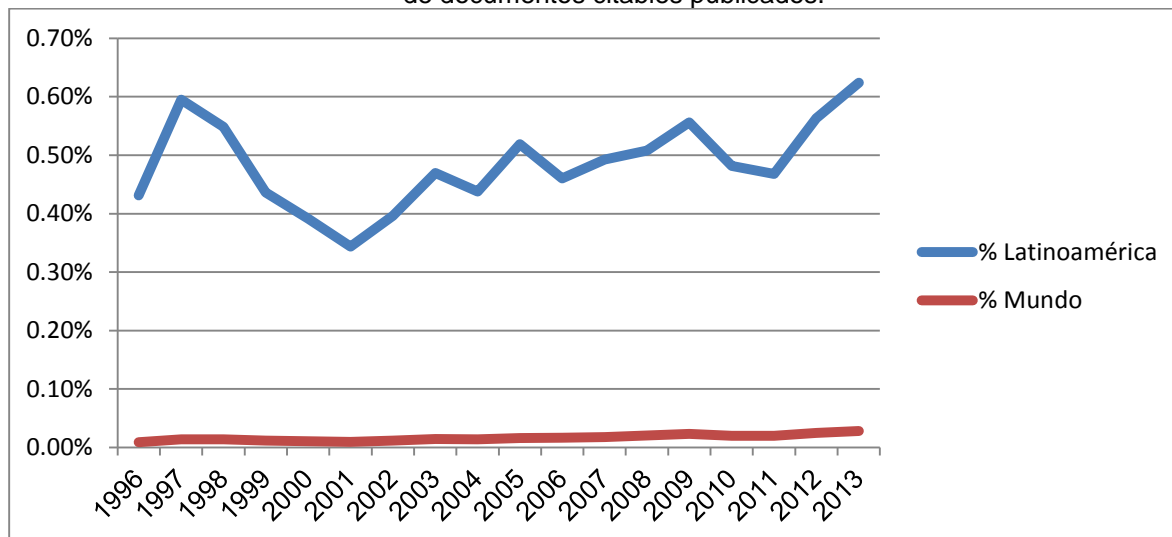
| Año | Ecuador | % Latinoamérica | % Mundo |
|------|---------|-----------------|---------|
| 1996 | 97 | 0.43% | 0.01% |
| 1997 | 157 | 0.59% | 0.01% |
| 1998 | 151 | 0.55% | 0.01% |
| 1999 | 130 | 0.44% | 0.01% |
| 2000 | 123 | 0.39% | 0.01% |
| 2001 | 112 | 0.34% | 0.01% |
| 2002 | 144 | 0.40% | 0.01% |
| 2003 | 191 | 0.47% | 0.01% |
| 2004 | 201 | 0.44% | 0.01% |
| 2005 | 247 | 0.52% | 0.02% |
| 2006 | 287 | 0.46% | 0.02% |
| 2007 | 326 | 0.49% | 0.02% |
| 2008 | 385 | 0.51% | 0.02% |
| 2009 | 463 | 0.56% | 0.02% |
| 2010 | 424 | 0.48% | 0.02% |
| 2011 | 444 | 0.47% | 0.02% |
| 2012 | 578 | 0.56% | 0.02% |
| 2013 | 638 | 0.62% | 0.03% |

Fuente: SCImago Research Group, 2015.

Elaboración: Juan Aguilar.

Esta situación se la puede apreciar gráficamente en la Figura 9 donde se muestra la participación relativa de la producción científica ecuatoriana con respecto a la región y el mundo en una tendencia histórica.

Figura 9. Evolución de la producción de artículos científicos del Ecuador, expresado en número de documentos citables publicados.

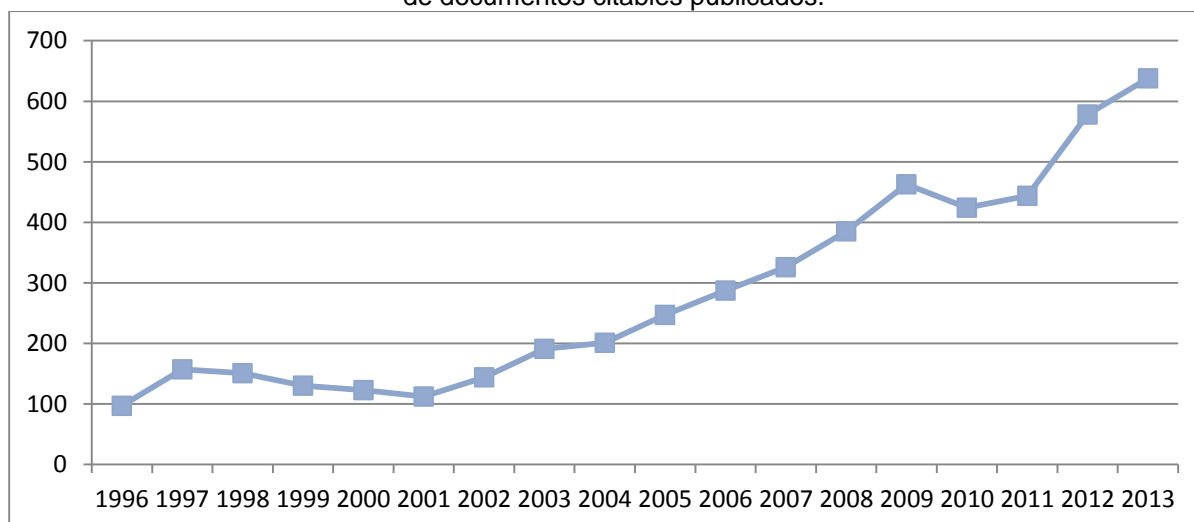


Fuente: SCImago Research Group, 2015.

Elaboración: Juan Aguilar.

Alrededor del 26 % del total de artículos científicos que se presentan en la serie histórica fueron publicados durante el periodo 2009-2011, mientras que entre el 2012 y el 2013 se produjo casi igual número de artículos que el periodo antes mencionado con un total de 1216 artículos científicos, lo que demuestra una tendencia creciente a lo largo del tiempo, teniendo su pico más alto justamente en el año 2013 donde se publicaron 638 documentos científicos citables (Figura 10).

Figura 10. Evolución de la producción de artículos científicos del Ecuador, expresado en número de documentos citables publicados.



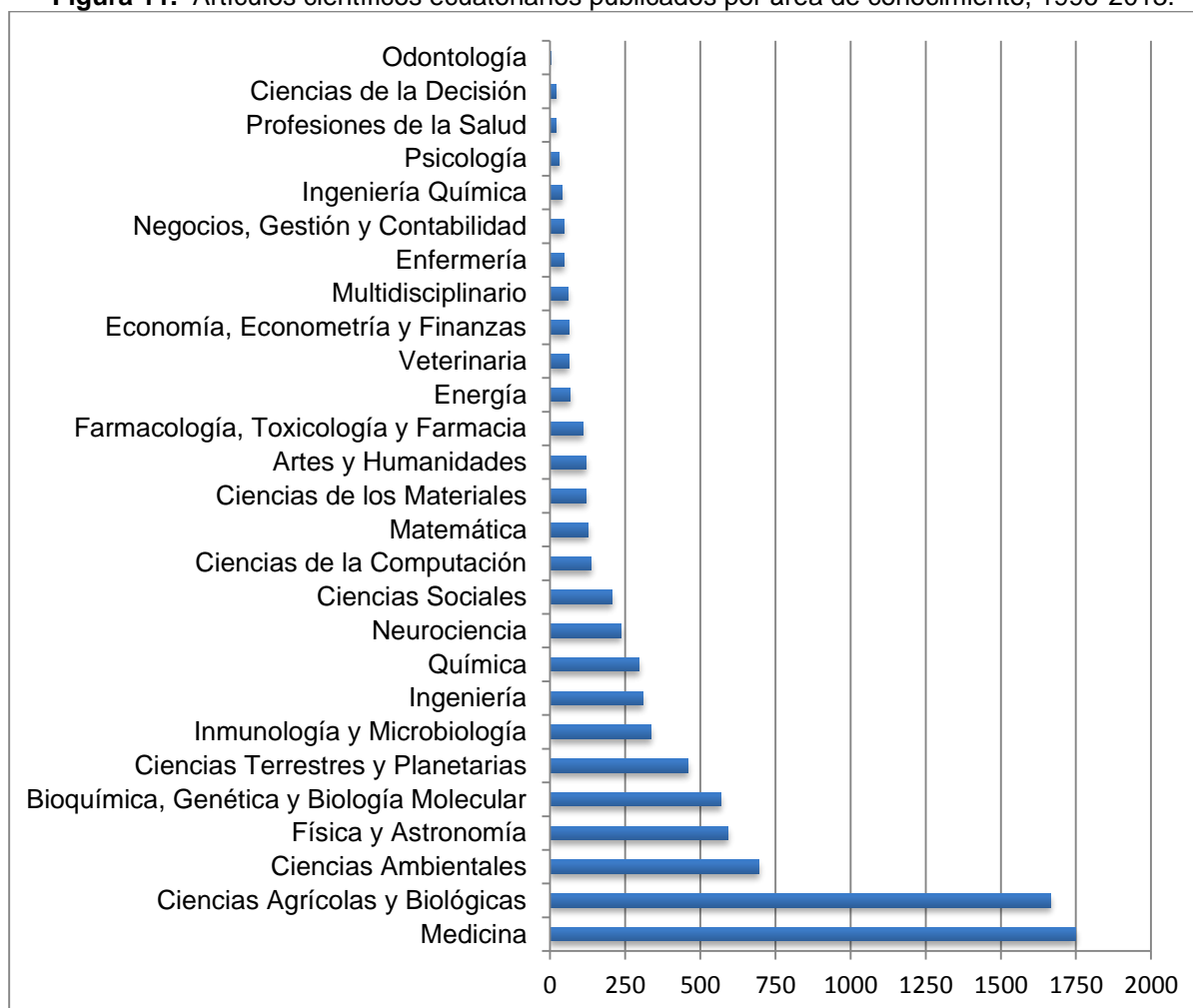
Fuente: SCImago Research Group, 2015.

Elaboración: Juan Aguilar.

1.3 Producción científica por área de conocimiento

Para este análisis se utilizó la misma serie histórica, 1996- 2013, donde se pudo evidenciar un porcentaje mayoritario de publicaciones relacionadas al área de la Medicina y las Ciencias Agrícolas y Biológicas con 1748 y 1666 artículos respectivamente, teniendo una participación conjunta de aproximadamente el 42 % del total de publicaciones del país en el periodo analizado (Figura 11).

Figura 11. Artículos científicos ecuatorianos publicados por área de conocimiento, 1996-2013.



Fuente: SCImago Research Group, 2015.

Elaboración: Juan Aguilar.

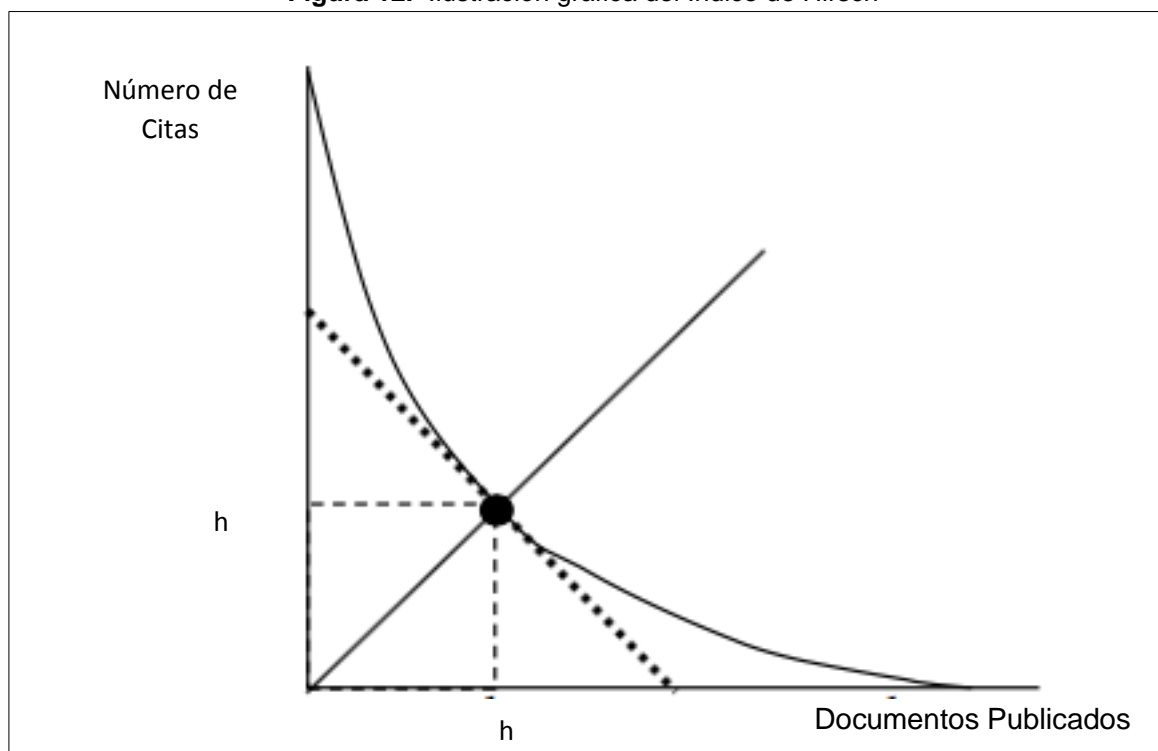
1.4 El Índice H de Hirsch y la medición de la calidad de la producción científica

Las técnicas de evaluación de la producción científica y por tanto de los científicos e investigadores es uno de los problemas de política científica en los que más se ha trabajado la última década (Grupo Scimago, 2006). Sistemas de evaluación como la revisión por pares han perdido su aceptación debido a su alto costo y a que son procesos que tardan demasiado por lo que el índice de Hirsch surgió como un método auxiliar más rápido y

eficiente que se ha posicionado como estándar mundial para la medición de la calidad científica.

El índice H constituye una medición de la calidad e impacto de la producción científica tanto a nivel micro - investigadores como a nivel macro – país (Hirsch, 2005). Para su cálculo se considera dos distribuciones que constituyen el número de citas recibidas por cada artículo como y total de artículos publicados en un periodo determinado. El valor del índice se determina cuando el número de artículos publicados es igual al número de citas recibidas por cada artículo (Figura 12).

Figura 12. Ilustración gráfica del Índice de Hirsch



Fuente y Elaboración: (Hirsch, 2005, p.2.).

Ecuador tiene un índice H igual a 92 para el periodo 1996-2013 (SCIMAGO, 2015); esto equivale a decir, que del total de 5098 documentos citables publicados en el periodo mencionado, el país tiene 92 documentos con al menos 92 citas y 5006 documentos con menos de 92 citas.

Estos datos muestran que el impacto y la calidad de la producción científica del país es muy baja todavía y es necesario enfocar mayores esfuerzos principalmente desde el Gobierno Central y la Academia para que se desarrollen mayores investigaciones científicas de calidad y con alto impacto mundial.

2. Encuesta Nacional de Actividades de Ciencia Tecnología e Innovación

Para dar un adecuado seguimiento a la evolución de la I+D es necesario contar con una línea base de indicadores basados en normas validadas internacionalmente de recolección de datos referentes a Ciencia, Tecnología e Innovación y que a su vez garanticen la comparabilidad internacional de los resultados (SENESCYT, 2013).

En este sentido, el Estado Ecuatoriano ha realizado ingentes esfuerzos para poder contar con un primer diagnóstico de las actividades de ciencia, tecnología e innovación realizadas en el país durante el periodo 2009-2011, donde la I+D constituye un proceso esencial en el desarrollo de estas actividades.

2.1 Actividades de Ciencia y Tecnología (ACT)

La recolección de información referente a ciencia y tecnología se realizó en base a la metodología propuesta en el Manual de Frascati, el cual constituye una propuesta de norma práctica para encuestas y estadísticas de I+D.

Para la encuesta de actividades de Ciencia y Tecnología se consideró el universo de las unidades de análisis descritas en la Tabla 9.

Tabla 9. Unidades de análisis de la Encuesta de Actividades de Ciencia y Tecnología

| Instituciones | No. Unidades |
|---------------------------------------|--------------|
| Universidades y Escuelas Politécnicas | 56 |
| Institutos Públicos de Investigación | 13 |
| Entidades del Gobierno Central | 30 |
| Hospitales Públicos de Docencia | 40 |
| ONG's de Ciencia y Tecnología | 22 |
| Total | 161 |

Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

2.2 Sectores de ejecución y financiamiento de I+D

El manual de Frascati diferencia entre los sectores que financian actividades de I+D y aquellos sectores que lo ejecutan, esto con el objetivo de permitir la comparabilidad internacional de los datos y establecer una presentación homogénea de las estadísticas de I+D (Tabla 10).

Tabla 10. Sectores de Financiamiento y Ejecución de I+D

| Sectores de Financiamiento de I+D | Sectores de Ejecución de I+D |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Gobierno | Gobierno |
| Educación Superior | Educación Superior |
| Empresas | Empresas |
| ONG's | ONG's |
| Extranjero | |

Fuente: (OECD, 2002, p: 132).

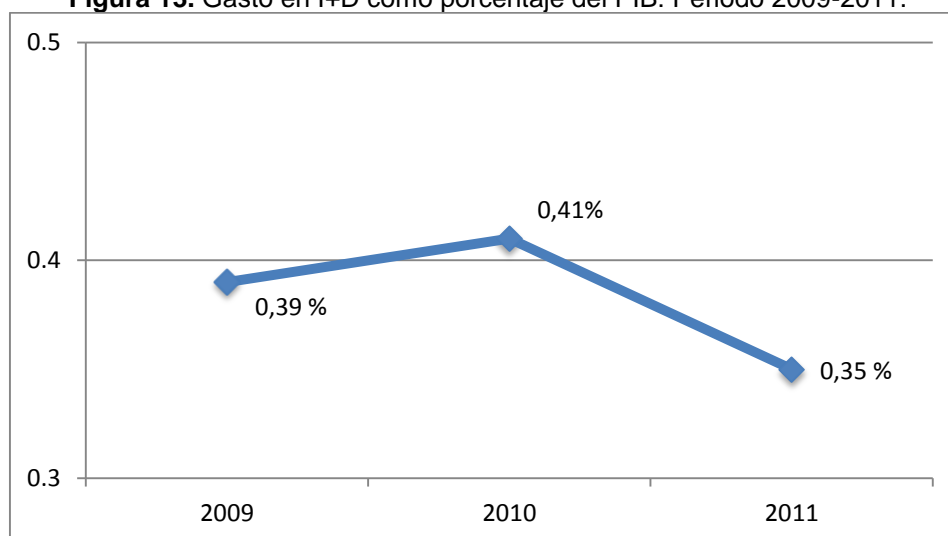
Elaboración: Juan Aguilar.

2.3 Gasto Interior Bruto en I+D

El gasto interior bruto en I+D es un agregado que comprende el total de gastos internos destinados a realizar actividades de I+D en territorio nacional durante un periodo determinado, incluyendo el financiamiento del extranjero, su valor se obtiene de la sumatoria total de los gastos internos de los sectores que efectúan actividades de I+D (OECD, 2002).

Los resultados de la encuesta ACTI muestran que el gasto intramuros promedio en I+D del país fue de 0,38 % con respecto al PIB (valores corrientes), teniendo su pico más alto en el año 2010 donde este rubro ascendió a \$280, 290,000 (Figura 13).

Figura 13. Gasto en I+D como porcentaje del PIB: Periodo 2009-2011.

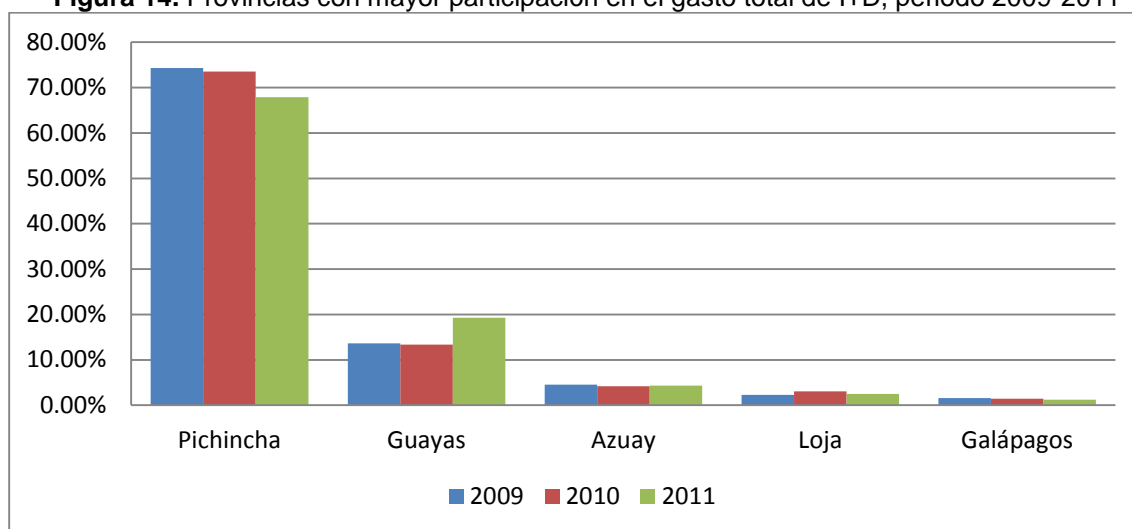


Fuente: (SENESCYT, 2013).

Elaboración Juan Aguilar.

A un nivel más desagregado, se pudo determinar que en promedio el 95,72% del gasto interior bruto en I+D se encuentra concentrado en cinco provincias, donde Pichincha ocupa el primer lugar con una participación promedio del 72% con respecto al total del gasto nacional en I+D (Figura 14).

Figura 14. Provincias con mayor participación en el gasto total de I+D, periodo 2009-2011



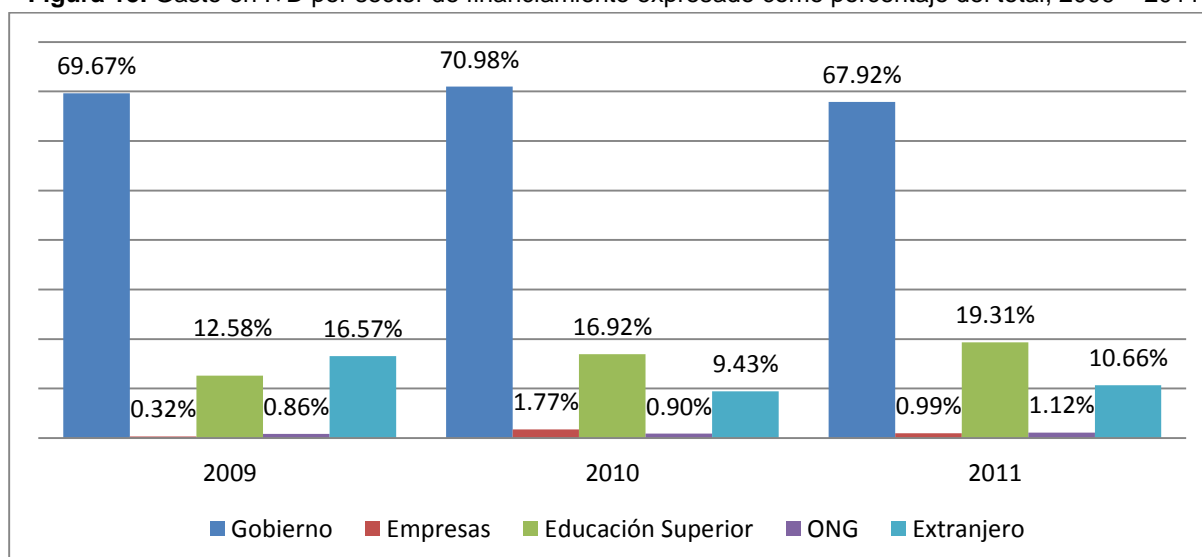
Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

2.3.1 Gasto en investigación y desarrollo por sector de financiamiento

El Gobierno Central ha sido quién ha financiado mayoritariamente el desarrollo de actividades de I+D de las instituciones que realizan actividades de ciencia y tecnología, con una participación promedio de aproximadamente el 70% con respecto al gasto total en I+D durante el periodo de análisis (Figura 15).

Figura 15. Gasto en I+D por sector de financiamiento expresado como porcentaje del total, 2009 – 2011



Fuente y Elaboración: Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, 2014.

*El gasto en I+D para la elaboración de este indicador comprende solo el reportado por las unidades de análisis de la encuesta de ciencia y tecnología.

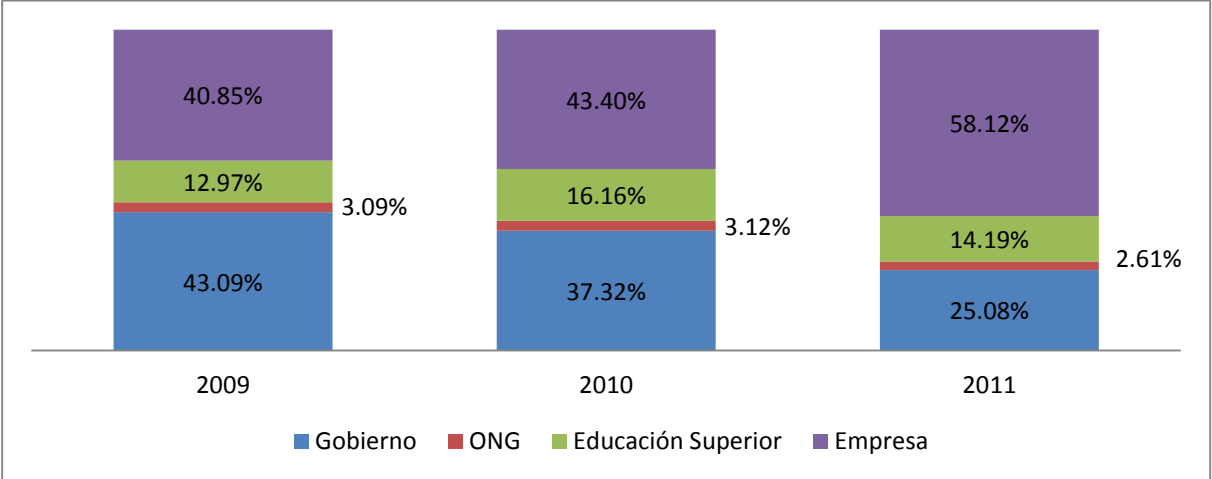
El esfuerzo del sector empresarial en el financiamiento de la I+D ha sido mínimo, con una participación promedio del 1,03 % durante el periodo de análisis, tendencia que debe revertirse ya que la producción de nuevos productos y servicios con valor agregado depende en gran nivel de los esfuerzos que realicen las empresas para producir bienes de mejor calidad y con alto componente tecnológico.

Si bien es cierto que la participación del sector empresarial en el financiamiento de actividades de I+D ha sido mínimo, es necesario señalar que muchos de los insumos (i.e. consumos intermedios) de este sector tienen un componente de I+D incorporado, el cual pertenece al grupo de importaciones invisibles de I+D y por tanto no se considera como inversión directa en I+D, lo cual puede llevar a una subestimación de los esfuerzos en I+D de este sector y por tanto de su intensidad tecnológica. Lastimosamente la información actual referente a I+D no permite realizar este tipo de análisis.

2.3.2 Gasto en investigación y desarrollo por sector de ejecución

Del presupuesto de los diferentes sectores de ejecución que realizan actividades de ciencia, tecnología e innovación, el sector empresarial fue en general quién ejecutó mayores proyectos de I+D, mostrando una tendencia creciente en el tiempo e incrementando su participación relativa en 17,27 puntos porcentuales durante el periodo de análisis (Figura 16).

Figura 16. Gasto en I+D por sector de ejecución, participación porcentual con respecto al total

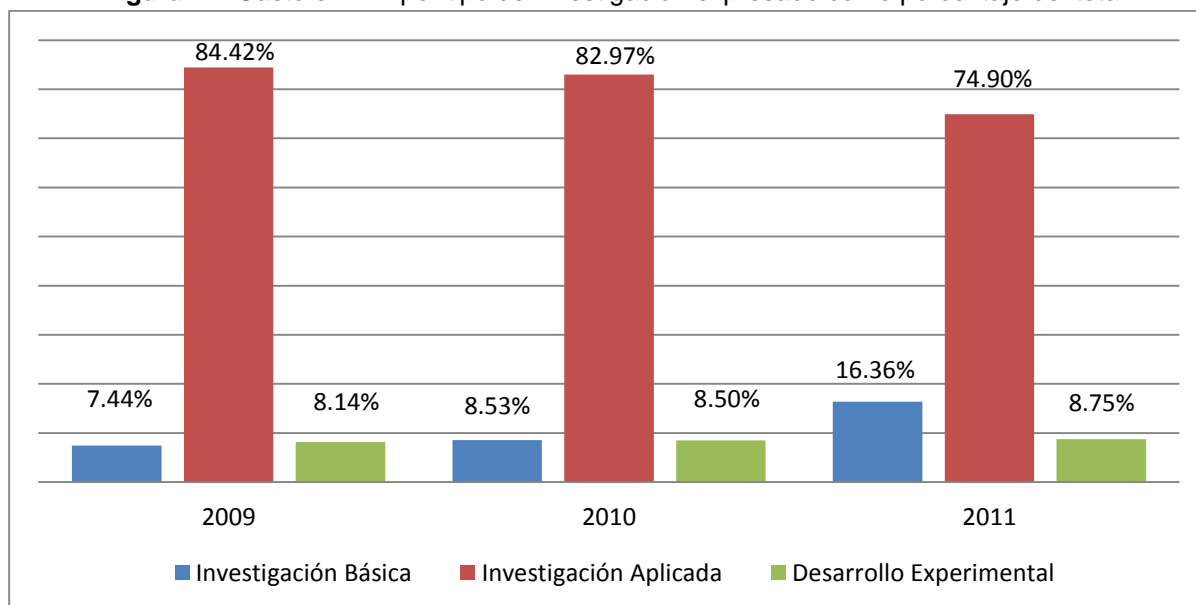


Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

2.3.3 Gasto en investigación y desarrollo por tipo de investigación

En el período 2009 – 2011, las instituciones que realizaron actividades de ciencia y tecnología gastaron en promedio el 81% del total en proyectos de investigación aplicada (Figura 12). Esto demuestra que el Ecuador se dedica principalmente a proyectos que tengan una aplicación más no a la producción y desarrollo de nuevos materiales, prototipos, productos o dispositivos.

Figura 17. Gasto en I+D por tipo de investigación expresado como porcentaje del total



Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

2.3.4 Gasto en I+D por Destino de Fondos

La encuesta de Ciencia y Tecnología permite determinar los destinos de los fondos de I+D de los sectores institucionales en los siguientes destinos:

- Remuneraciones.
- Gasto de Capital.
- Insumos.
- Consultorías.

Con respecto al gasto en I+D por destino de fondos en el año 2009, el presupuesto para actividades de I+D estuvo destinado a gastos de capital con 56,4 millones de dólares y a remuneraciones del personal de Ciencia y Tecnología con 42,4 millones de dólares, es decir, el 67,8% del gasto en este periodo se concentró en estas dos actividades (Tabla 11).

Tabla 11. Gasto en I+D por destino de fondos período 2009 (millones de dólares corrientes)

| Tipo de Institución | Remuneraciones | Capital | Insumos | Consultoría | Total |
|---------------------|----------------|---------|---------|-------------|-------|
| Gobierno | 23,1 | 47,5 | 16,8 | 18,9 | 106,3 |
| ONG | 4,3 | 1,4 | 0,5 | 1,4 | 7,6 |
| Universidad | 15,0 | 7,4 | 7,4 | 2,0 | 31,9 |
| Total | 42,4 | 56,4 | 24,7 | 22,3 | 145,8 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

En el año 2010 se presentó una tendencia similar al periodo anterior, esta vez, las remuneraciones del personal de Ciencia y Tecnología y el gasto de capital concentraron conjuntamente el 78% del presupuesto para el desarrollo de estas actividades (Tabla 12).

Tabla 12. Gasto en I+D por destino de fondos período 2010 (millones de dólares corrientes)

| Tipo de Institución | Remuneraciones | Capital | Insumos | Consultoría | Total |
|---------------------|----------------|---------|---------|-------------|-------|
| Gobierno | 24,4 | 55,9 | 11,9 | 12,4 | 104,6 |
| ONG | 4,6 | 2,1 | 0,6 | 1,4 | 8,8 |
| Universidad | 22,3 | 14,3 | 6,5 | 2,0 | 45,2 |
| Total | 51,3 | 72,4 | 19 | 15,8 | 158,5 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Las instituciones que realizan actividades de Ciencia y Tecnología incrementaron en 9.5% el gasto destinado a insumos y consultorías con respecto al 2010. Por el contrario, el gasto de capital disminuyó en un 68,8% con respecto al 2010, mientras que el gasto destinado a remuneraciones del personal de Ciencia y Tecnología presentó un ligero incremento del 1,9% con respecto al año anterior (Tabla 13).

Tabla 13. Gasto en I+D por destino de fondos período 2011 (millones de dólares corrientes)

| Tipo de Institución | Remuneraciones | Capital | Insumos | Consultoría | Total |
|---------------------|----------------|---------|---------|-------------|-------|
| Gobierno | 28,1 | 12,7 | 13,6 | 13,2 | 67,6 |
| ONG | 4,2 | 0,7 | 0,6 | 1,5 | 7,0 |
| Universidad | 19,9 | 9,2 | 6,7 | 2,5 | 38,2 |
| Total | 52,3 | 22,6 | 20,9 | 17,2 | 112,9 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

2.3.5 Gasto en I+D por Rama de Actividad y Sector Institucional

Con respecto a los sectores institucionales se observa que en la rama de servicios se registra una inversión representativa en actividades de I+D, siendo el Gobierno Central quien ha realizado un mayor esfuerzo en el financiamiento de estas actividades en el periodo 2009-2011 (Tabla 14).

Tabla 14. Gasto en I+D por rama de actividad y sector institucional 2009 (millones de dólares corrientes)

| Rama / Sector | Corporaciones No-Financieras | Gobierno central | ONG | Total |
|------------------|------------------------------|------------------|------|-------|
| Minas y Canteras | 0,8 | | | 0,8 |
| Manufactura | 38,7 | | | 38,7 |
| Servicios | 61,7 | 125,2 | 17,5 | 204,4 |
| Comercio | 2,8 | | | 2,8 |
| Total | 104,1 | 125,2 | 17,5 | 246,7 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Con respecto al año 2010 se presentó una tendencia similar en cuanto al gasto del sector servicios, siendo este el que más contribuyó a la generación de I+D en el país con un aporte significativo del gobierno en relación al resto de sectores institucionales (Tabla 15).

Tabla 15. Gasto en I+D por rama de actividad y sector institucional 2010 (millones de dólares corrientes)

| Rama / Sector | Corporaciones No-Financieras | Gobierno central | ONG | Total |
|------------------|------------------------------|------------------|------|-------|
| Minas y Canteras | 1,0 | | | 1,0 |
| Manufactura | 49,9 | | | 49,9 |
| Servicios | 71,2 | 130,4 | 23,1 | 224,7 |
| Comercio | 4,7 | | | 4,7 |
| Total | 126,8 | 130,4 | 23,1 | 280,3 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

En el año 2011, el aporte del Gobierno bajó debido a que se suspendió la autonomía presupuestaria que tenían las instituciones públicas, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo pasó a ser el ente regulador del presupuesto destinado para los diferentes proyectos de cada institución a través de la Matriz de Priorización (Tabla 16).

Tabla 16. Gasto en I+D por rama de actividad y sector institucional 2011 (millones de dólares corrientes)

| Rama / Sector | Corporaciones No-Financieras | Gobierno central | ONG | Total |
|------------------|------------------------------|------------------|------|-------|
| Minas y Canteras | 7,8 | | | 7,8 |
| Manufactura | 62,0 | | | 62,0 |
| Servicios | 88,5 | 89,9 | 17,6 | 196,0 |
| Comercio | 3,7 | | | 3,7 |
| Total | 161,9 | 89,9 | 17,6 | 269,5 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

La participación de las industrias de servicios ecuatorianas con respecto al total de gasto en I+D de las corporaciones no financieras fue del 56% durante el periodo 2009-2011. A primera vista este resultado puede parecer no muy alentador, ya que se esperaría que las industrias manufactureras fueran quienes destinen mayores recursos a la generación de I+D y que esto se vea reflejado en el ingreso de nuevos productos al mercado.

Analizando el desempeño de las economías más desarrolladas del mundo en este indicador, resulta interesante apreciar cómo esta tendencia se repite en la mayoría de países de la OECD, donde las industrias de servicios contribuyen con más de un tercio del total del gasto empresarial en I+D, participación que ha ido aumentando en los últimos años (OECD, 2011b).

2.3.6 Gasto en I+D por Disciplina Científica

La encuesta de Ciencia y Tecnología (CYT) muestra que la I+D predominó en proyectos de ingeniería y tecnología con una participación promedio del 35 % con respecto al total, seguido de los proyectos relacionados a las ciencias naturales y exactas, los cuales mostraron un crecimiento continuo en su participación, 14,5 puntos porcentuales durante el periodo de análisis (Tabla 17).

Tabla 17. Gasto en I+D por disciplina científica, 2009 – 2011
(% respecto al total del gasto en I+D)

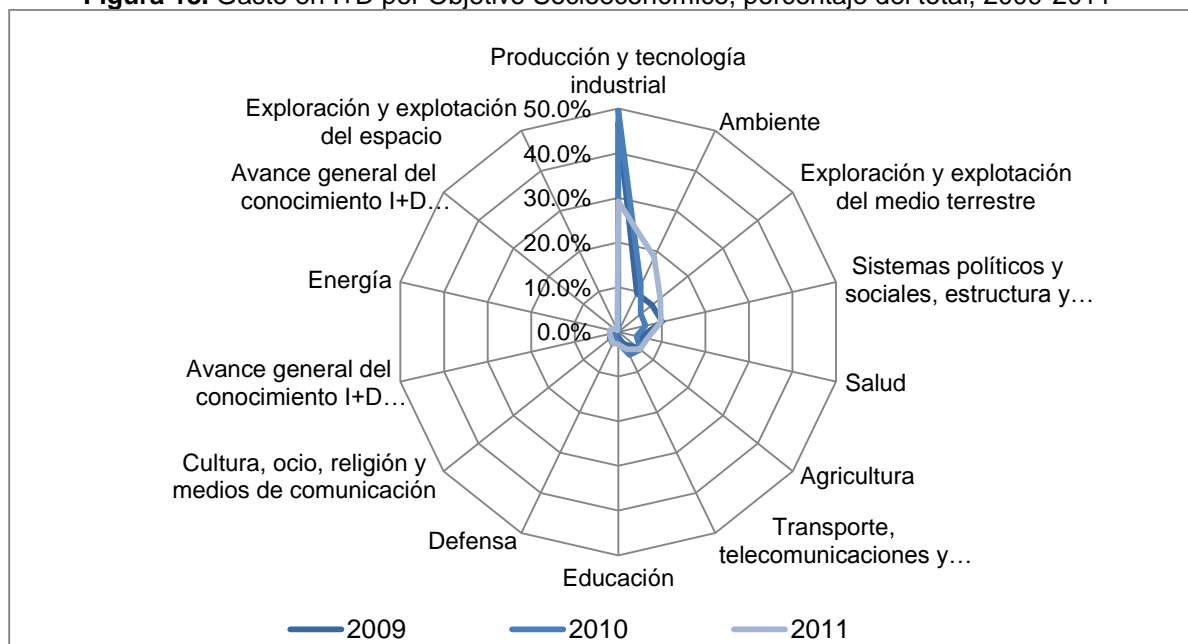
| | 2009 | 2010 | 2011 |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Ciencias Naturales y Exactas | 18,37% | 22,37% | 32,91% |
| Ingeniería y Tecnología | 36,86% | 43,32% | 25,00% |
| Ciencias Médicas | 4,88% | 3,64% | 3,50% |
| Ciencias Agrícolas | 21,82% | 19,09% | 22,34% |
| Ciencias Sociales | 15,33% | 9,04% | 13,92% |
| Humanidades | 2,73% | 2,53% | 2,33% |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

2.3.7 Gasto en I+D por Objetivo Socioeconómico

Los objetivos socioeconómicos constituyen la finalidad última por la que se llevaron a cabo las diferentes actividades de I+D. En este sentido, se determinó que el objetivo socioeconómico de producción y tecnología industrial fue el que contó con mayores proyectos ejecutados de I+D, teniendo una participación promedio del 42% con respecto al total, seguido del objetivo socioeconómico ambiental que presentó un incremento de 9 puntos porcentuales durante el periodo de análisis (Figura 18).

Figura 18. Gasto en I+D por Objetivo Socioeconómico, porcentaje del total, 2009-2011



Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Estos resultados reflejan una coherencia con respecto al gasto en I+D por disciplina científica, donde los proyectos de ingeniería y tecnología tuvieron una participación mayoritaria, seguidos de los proyectos relacionados con las ciencias naturales y agrícolas.

3. La I+D en el proceso de innovación

3.1 ¿Qué es Innovación?

El proceso de innovación consiste en la introducción de un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado, de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores (OECD, 2007).

3.2 Encuesta de Actividades de Innovación (AI)

Dentro de la encuesta ACTI, la sección de innovación resultó fundamental para el análisis del sector empresarial en específico y tener un primer diagnóstico de la importancia que las empresas públicas y privadas le prestan al desarrollo de la innovación dentro de sus esquemas productivos.

Las actividades de innovación comprenden la I+D (interna y externa) y otras actividades de innovación tales como: Adquisición de maquinaria, equipos, hardware, software; capacitación; consultoría y asistencia técnica; estudios de mercado; ingeniería y diseño industrial; y adquisición de tecnología desincorporada (SENESCYT, 2013).

3.3 Unidades de análisis

Para la sección de innovación se utilizó una muestra aleatoria estratificada de 3188 empresas públicas y privadas de tres sectores de la economía: manufactura (39%), servicios (58%), y extracción de minas y canteras (3%) (SENESCYT, 2013).

Con la finalidad de incluir las diferentes actividades económicas realizadas por las empresas encuestadas dentro del marco contable central, se requiere contar con una clasificación actualizada de las diferentes ramas de actividad determinadas en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) (INEC, 2012).

Los sectores de manufactura, servicios, y extracción de minas y canteras se desagregan en las siguientes actividades económicas según la versión más actualizada de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU 4.0):

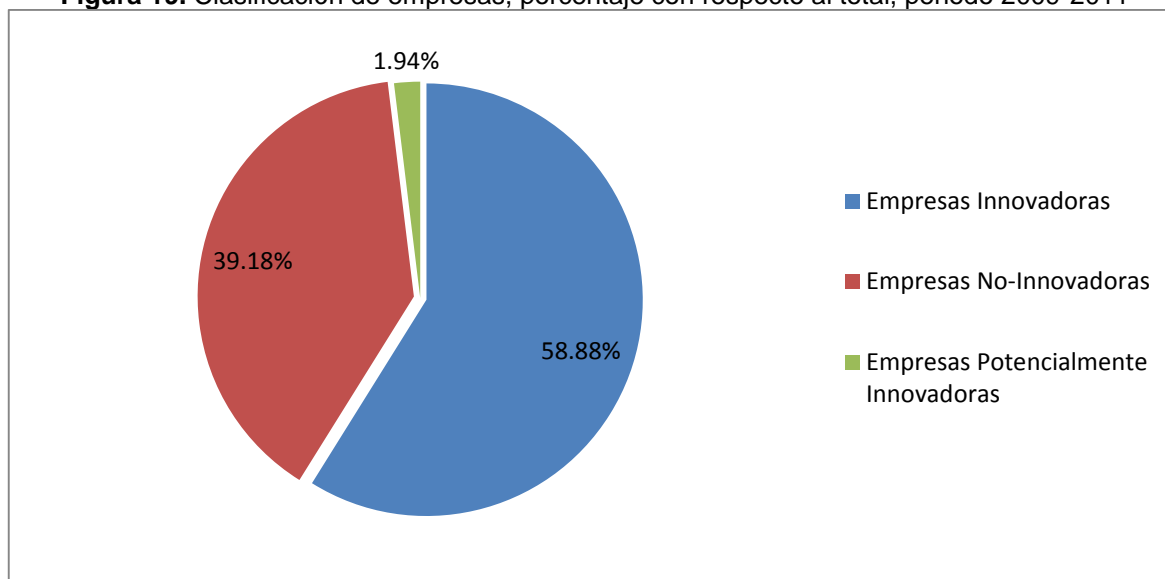
- Explotación de minas y canteras.
- Industrias manufactureras.
- Construcción.
- Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas.
- Transporte y almacenamiento.
- Actividades de alojamiento y servicio de comidas.
- Información y comunicación.
- Actividades financieras y de seguros.
- Actividades inmobiliarias.
- Actividades profesionales, científicas y técnicas.
- Actividades de servicios administrativos y de apoyo.
- Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social.

3.4 Resultados de la Encuesta de Actividades de Innovación (AI)

Como resultado de la encuesta de actividades de innovación (AI), se determinó que aproximadamente seis de cada diez empresas ecuatorianas son innovadoras, esto con respecto al total las unidades de análisis antes mencionadas para el periodo 2009- 2011 (Figura 19).

Es importante mencionar que las innovaciones introducidas por estas empresas fueron de alguno o varios de los tipos de innovación existentes, es decir: de producto, proceso, comercialización u organización.

Figura 19. Clasificación de empresas, porcentaje con respecto al total, periodo 2009-2011



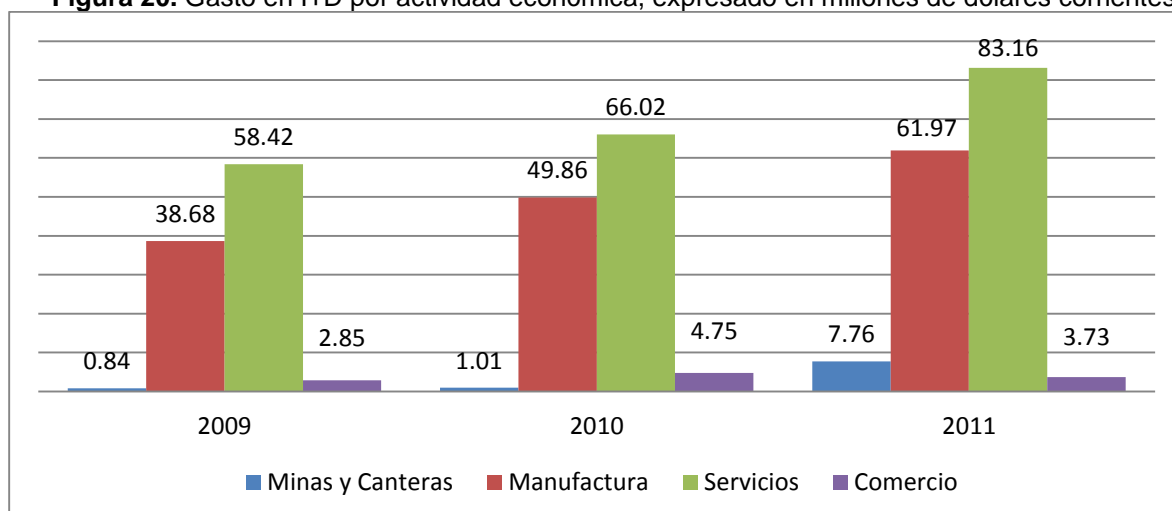
Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

3.5 Gasto en I+D de las empresas por rama de actividad

Del total de empresas que introdujeron uno o más tipos de innovación, y por tanto incurrieron en actividades de I+D, se pudo determinar que para el periodo de análisis, la rama de actividad que realizó un mayor esfuerzo en su financiamiento fue la de servicios, con una participación del 54,8% con respecto al gasto total en I+D seguido del sector manufacturero con una participación del 39,7 % (Figura 20).

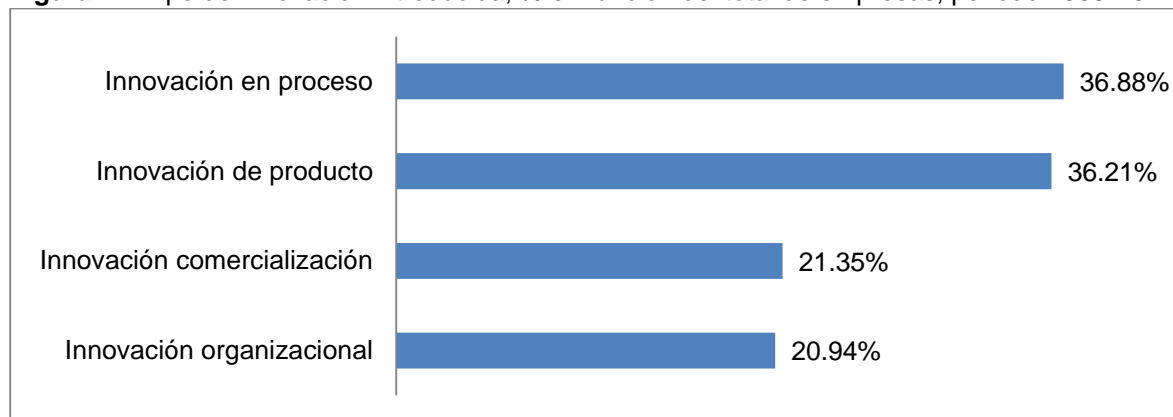
Figura 20. Gasto en I+D por actividad económica, expresado en millones de dólares corrientes



Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Con respecto al tipo de innovación introducido por las empresas, se puede apreciar que existió una tendencia a innovar en producto y proceso antes que métodos de comercialización y organización empresarial (Figura 21). La innovación en producto (bien o servicio) es esencial para el análisis económico ya que este tipo de innovación es la que se refleja directamente en la producción final de la economía.

Figura 21. Tipo de innovación introducida, % en función del total de empresas, periodo 2009-2011*



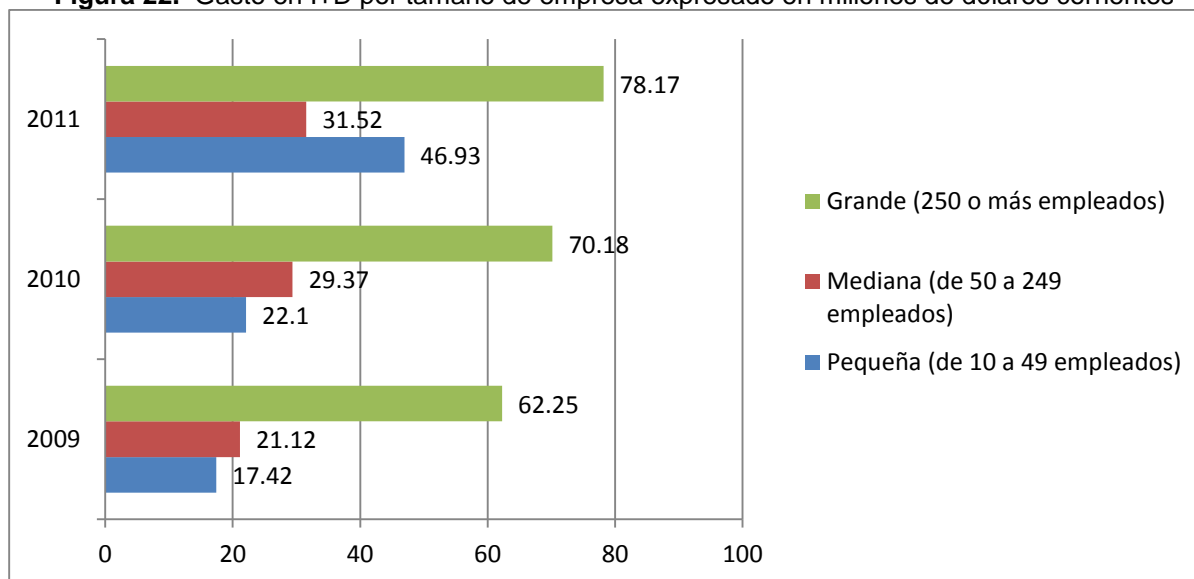
Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

* **Nota:** Los porcentajes presentados no suman el 100% debido a que una empresa pudo introducir uno o más tipos de innovación.

Es importante resaltar que dada la orientación primario-productora de la industria ecuatoriana, ésta es propensa a destinar mayores rubros de I+D hacia el desarrollo de nuevos procesos productivos. Un claro ejemplo de este fenómeno se dio en Canadá cuando esta economía estaba dando el salto tecnológico en el que se encuentra el país actualmente, donde las industrias canadienses basadas en recursos naturales reportaban que entre el 80 y 90 % de sus innovaciones se concentraban en el desarrollo de nuevos procesos (Palda, 1986).

En relación al tamaño de las empresas y el gasto en investigación y desarrollo, se puede evidenciar que existe una tendencia creciente con respecto al gasto realizado en actividades de I+D, donde las empresas grandes contribuyeron con el 55,56 % del gasto total en I+D para el periodo de análisis, mientras que las pequeñas y medianas empresas contribuyeron con el 22, 81 % y el 21,63 % respectivamente (Figura 22).

Figura 22. Gasto en I+D por tamaño de empresa expresado en millones de dólares corrientes



Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

Con respecto al esfuerzo del sector empresarial en materia de I+D se puede observar que durante el periodo de análisis, de cada \$100 obtenidos por la venta de sus productos, se destinó en promedio \$0.21 centavos para la inversión en I+D, lo cual demuestra la baja participación del sector empresarial en el financiamiento de estas actividades Tabla 18.

Tabla 18. Gasto en I+D y otras Actividades de Innovación (AI) en función de las ventas

| Variable | Tipo de gasto | 2009 | 2010 | 2011 |
|------------|---------------|------|------|------|
| a | I+D (%) | 0,17 | 0,22 | 0,24 |
| b | Otras AI (%) | 1,29 | 1,70 | 1,38 |
| a+b | Total (%) | 1,46 | 1,92 | 1,62 |

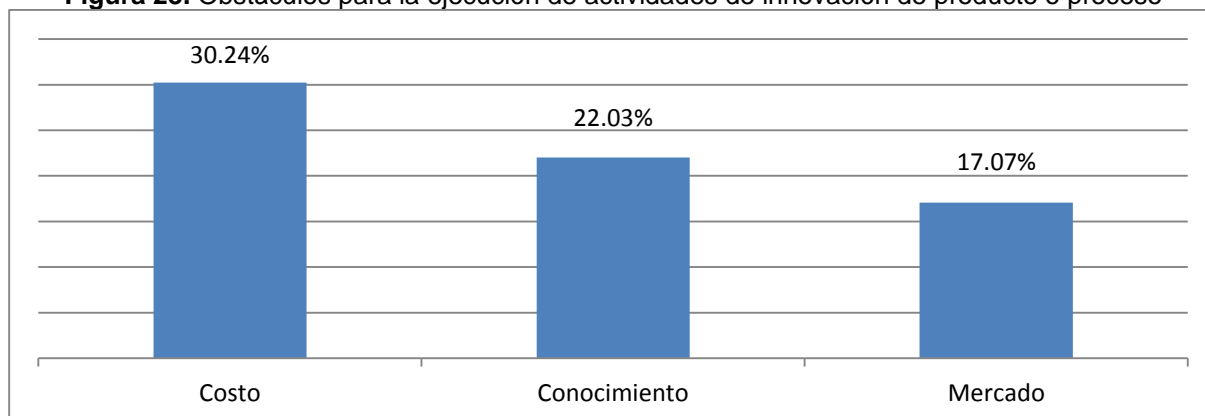
Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

3.6 Obstáculos para la innovación

Los principales obstáculos que las empresas enfrentaron fue el alto costo de los proyectos de innovación, la falta de conocimiento sobre cómo realizar las diferentes actividades de innovación y la dificultad para entrar en el mercado, el resto de empresas no presentó mayores obstáculos (Figura 23).

Figura 23. Obstáculos para la ejecución de actividades de innovación de producto o proceso



Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

3.7 Impactos por la introducción de innovaciones

Con respecto a los impactos de las innovaciones, se reafirma que el sector productivo enfoca sus capacidades en mejorar sus productos ya existentes y tener una producción más eficiente, diversificando sus líneas de producto para incrementar su participación en el mercado (Figura 24).

Figura 24. Determinantes para la innovación de producto o proceso

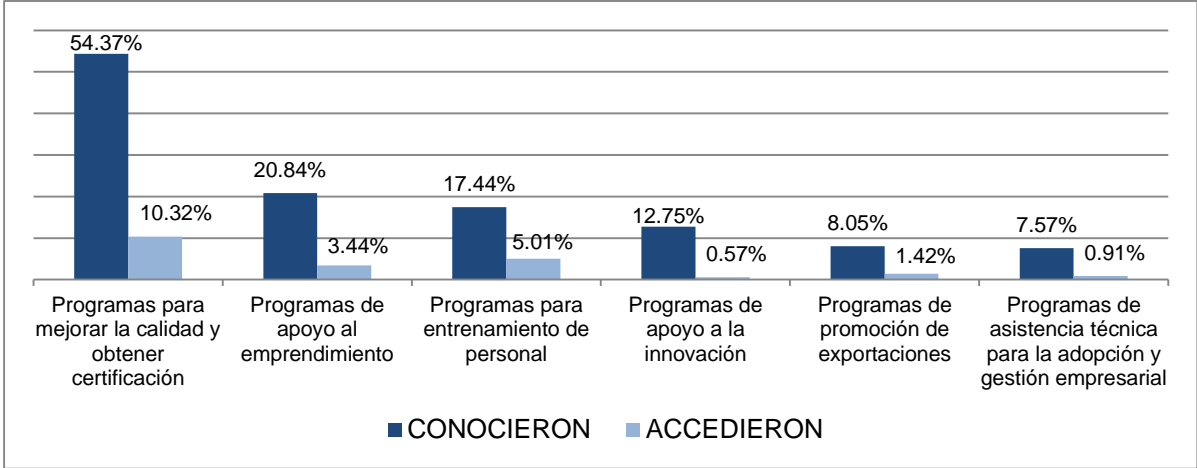


Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

En cuanto a los programas destinados a impulsar la innovación en el sector empresarial se puede apreciar que aquellos enfocados en mejorar y obtener certificaciones de calidad son

los más conocidos por las empresas, seguidos por los programas de apoyo al emprendimiento y entrenamiento de personal, donde únicamente el 18,77 % de las empresas que conocían de estos proyectos accedieron efectivamente a estos (Figura 25).

Figura 25. Programas de apoyo a la innovación empresarial, expresado en porcentaje, 2009-2011



Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Es necesario entonces generar una mayor difusión de los diferentes programas de apoyo a la innovación y el emprendimiento ya que en general muy pocas empresas conocen sobre estos programas y por tanto la tasa de acceso a estos es mínima, de esta manera se podrá generar una mayor participación del sector productivo en programas que fortalezcan la calidad de sus productos existentes e incentiven la fabricación de nuevos bienes y servicios.

4. Retos para una mejor gestión de la I+D

4.1 Principal limitantes para la generación de I+D en el país

Ausencia de un mercado de capitales de riesgo para financiar proyectos innovadores. Los capitales de riesgo son fundamentales en las economías basadas en el conocimiento ya que en su gran mayoría las empresas nacientes o start-ups se originan y salen al mercado gracias a estos fondos.

Aversión al riesgo del sector financiero privado para financiar actividades de I+D y proyectos de innovación. En general, los criterios del sector financiero privado a la hora de invertir y asignar créditos dependen de los siguientes factores:

- Rendimiento esperado.
- Riesgo aceptado.
- Horizonte temporal.

Estos tres factores, constituyen las principales barreras para hacer de un proyecto innovador una inversión atractiva debido a que el rendimiento esperado de estos proyectos puede ser muy variable, con mayor probabilidad de fracaso que de tener éxito en el mercado, por tanto, su riesgo incrementa, y las posibilidades de acceder a crédito es mínima.

Por otra parte, la falta de incentivos económicos fuertes para el desarrollo de actividades de I+D es una limitante a que evita que las empresas inviertan en actividades de I+D. Tirole (1992) analiza los incentivos públicos y privados para incorporar innovaciones tecnológicas en los procesos productivos, así como también el cómo las innovaciones ya existentes son adoptadas en el mercado, haciendo énfasis en la importancia de contar con un sistema de propiedad intelectual robusto que proteja los esfuerzos en materia de I+D.

Otra limitante importante es el demoroso sistema de registro de patentes con el que cuenta el país, el cual constituye un incentivo negativo para la generación de I+D por parte de los diferentes actores de la economía. Tal es el caso que para los años 2009 y 2010 apenas se registraron 10 aplicaciones de patentes por parte de residentes ecuatorianos (WIPO, 2014).

4.2 Desafíos para una mejor gestión de la I+D en el país

Una vez entendida la importancia de la I+D en el crecimiento económico y en el desarrollo social, surgen nuevos desafíos a ser enfrentados en el futuro inmediato para lograr una gestión más eficiente de la investigación y desarrollo en el país.

Los avances en el sistema educativo ecuatoriano han sido reconocidos a nivel internacional, ubicándolo en los primeros puestos de Latinoamérica, esfuerzo que sin duda ayudará a la generación de nuevos conocimientos y a su aplicación práctica en el desarrollo de nuevos bienes y servicios que incrementen el valor agregado de la producción nacional.

Es necesario saber arriesgar para apoyar el desarrollo de actividades de innovación en el país, se debe dar continuidad a los programas ya existentes de apoyo al emprendedor y en el futuro cercano contar con un mercado de capital de riesgo donde el sector privado y el sector público sumen sus esfuerzos y permitan que la innovación despunte y se convierta en un pilar para el desarrollo económico y social del país.

La acción conjunta entre los diferentes países de la región en materia de I+D resulta fundamental para articular los diferentes esfuerzos en un proyecto colectivo que beneficie a la región y le brinde la importancia que la ciencia, la tecnología y la innovación se merecen, donde la formación de talento humano se convierte en una pieza central para lograr el salto deseado hacia economías basadas en el conocimiento.

Impacto de la I+D en la Economía Ecuatoriana

1. La Cuenta Satélite de I+D

Una Cuenta Satélite es una noción desarrollada por las Naciones Unidas para medir las dimensiones de los sectores económicos que no se definen como industrias en las cuentas nacionales (CEPAL, 2002).

El término “satélite” surge a raíz de la dificultad de medir las contribuciones directas de estos sectores a la economía nacional y por tanto resulta necesario articularlas a manera de satélite con el sistema contable central (Frechtling, 2010). En términos generales, el sistema contable central describe el comportamiento económico de un país, calculando las variables agregadas de producción, ingreso, ahorro, consumo e inversión de la economía (Sachs y Larrain, 1993).

Su importancia dentro del análisis económico radica en permitir a los gobiernos conocer los macro indicadores que muestren la relevancia de un sector específico de la economía en estricta observancia a los lineamientos del sistema de cuentas nacionales, permitiendo calcular su impacto en los principales agregados macroeconómicos (INEC, 2011). En definitiva, la cuenta satélite proporciona información estadística que el sistema de cuentas nacionales no genera por sí mismo debido a su forma estructural.

En el Ecuador se han realizado diferentes esfuerzos por cuantificar las contribuciones directas de diferentes sectores económicos que no se definen como industrias en el marco central de las cuentas nacionales. Estos instrumentos estadísticos se han desarrollado conjuntamente entre los diferentes Ministerios y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (Tabla 19).

Tabla 19. Cuentas Satélite realizadas en el Ecuador

| Sector de la Cuenta Satélite | Institución Responsable | Periodo |
|--|-----------------------------|-----------|
| Medio Ambiente | Ministerio del Ambiente | 2011-2013 |
| Investigación y Desarrollo (I+D) ¹¹ | SENESCYT | 2009-2011 |
| Turismo | Ministerio de turismo | 2008-2010 |
| Hogares y Demografía | INEC | 2008-2010 |
| Hogares con Trabajo Doméstico No Remunerado | INEC | 2007-2010 |
| Salud | Ministerio de Salud Pública | 2005-2008 |
| Activos y Pasivos Financieros | INEC | 2003-2005 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

¹¹ La Cuenta Satélite de I+D fue un ejercicio exploratorio que la Senescyt contrató en el año 2013 a la consultora Mindtek, donde formé parte del equipo consultor en calidad de asistente de investigación del Mtr. Miguel Acosta, director de esta investigación.

1.1 Sectores Institucionales de la Cuenta Satélite de I+D

La Cuenta Satélite de I+D requiere que los sectores domésticos recomendados en el Manual de Frascati sean tratados de acuerdo a la clasificación establecida en las cuentas nacionales (Tabla 20):

Tabla 20. Sectores domésticos del Manual de Frascati a los Sectores de Cuentas Nacionales

| Clasificación según el Manual de Frascati | Consideraciones | Clasificación según el Sistema de Cuentas Nacionales |
|---|--|--|
| Empresas Privadas | Empresas privadas no financieras | Corporaciones no financieras |
| Empresas Privadas | Institutos cooperativos de investigación | Corporaciones no financieras |
| Educación superior | Hospitales universidad y clínicas de área exclusiva (medicina humana) | Corporaciones no financieras |
| Empresas Privadas | Empresas privadas de la rama de intermediación financiera | Corporaciones financieras |
| Gobierno | Institutos públicos de investigación | Gobierno general |
| Educación superior | Institutos públicos superiores de educación incluidos los de medicina humana | Gobierno general |
| Educación superior | Institutos de investigación con fondos públicos | Instituciones privadas sin fines de lucro |
| Educación superior | Institutos privados superiores de educación incluidos los de medicina humana | Instituciones privadas sin fines de lucro |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

1.2 Tratamiento de la I+D en las Cuentas Nacionales

En síntesis, los sistemas de cuentas nacionales, han tratado a los gastos de I+D como gastos corrientes de las unidades de producción, y por tanto aparecían dentro de los consumos intermedios de las diferentes ramas de actividad, omitiendo de esta manera su incidencia en las variables agregadas de la contabilidad nacional como el PIB.

Diversas son las razones por las cuales se ha venido dando este tratamiento: el problema de indeterminación del concepto de I+D, la dificultad de su medición, la complejidad para el cálculo de la depreciación de estos activos o razones de tipo contable, ya que las empresas no suelen llevar un registro de inversión en I+D, sino que consideran a estos rubros como gastos corrientes (Cañada, 2009).

Es ahí donde recae la importancia de la cuenta satélite de I+D ya que en estricto apego a los lineamientos de las cuentas nacionales, trata a los esfuerzos en I+D como gastos de capital (i.e. inversión en I+D), calcula su producción en dólares corrientes y constantes, trata a los sectores domésticos como sectores institucionales, considera un criterio de depreciación lineal para el consumo de capital y utiliza un escenario de capitalización para evaluar la evolución del stock de conocimiento en el tiempo.

Por sector institucional la tabla oferta utilización, en lo correspondiente a producción, se detalla en la Tabla 21:

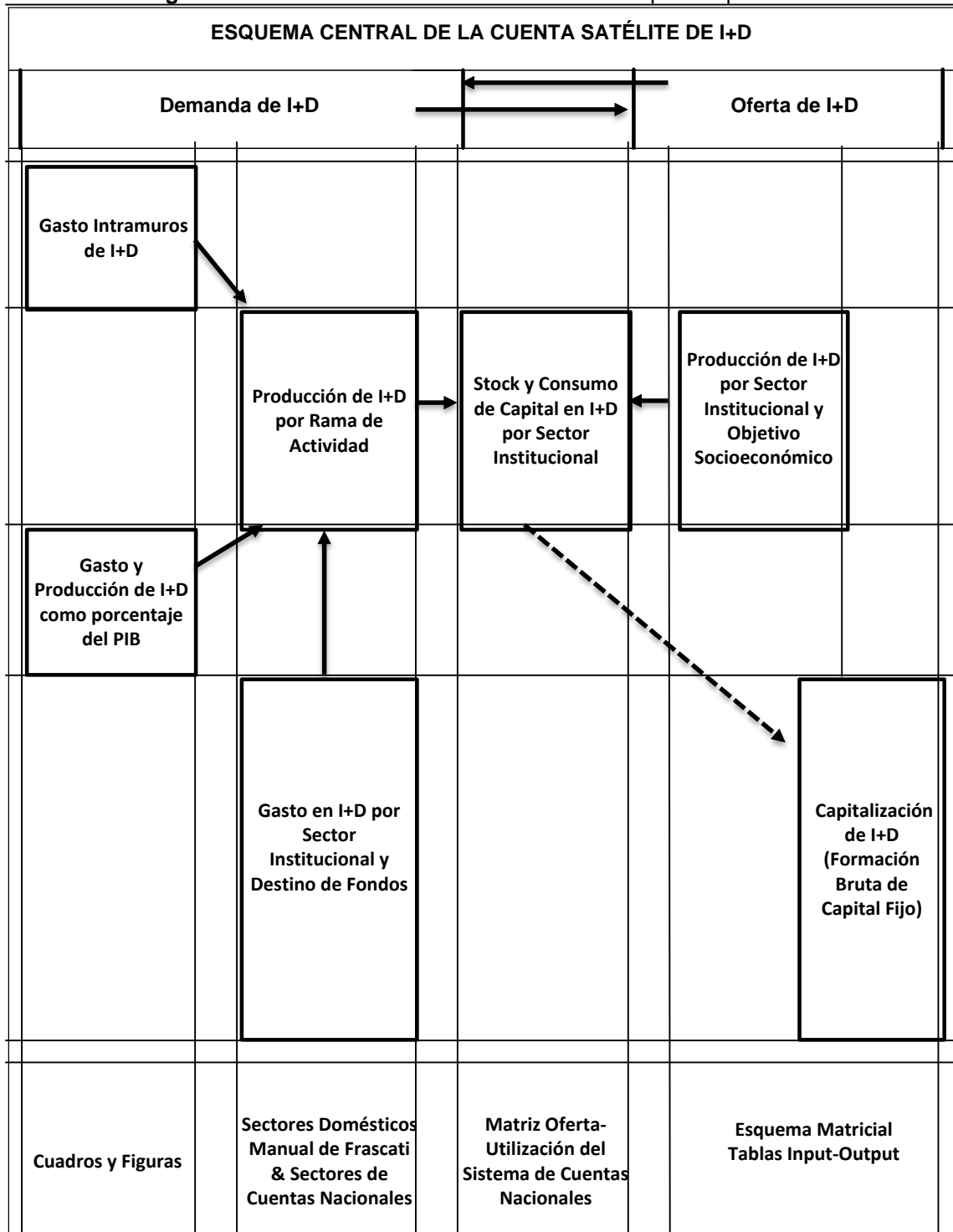
Tabla 21. Producción de I+D por sector institucional

| Variable | Total de la Economía S.1 | Corporaciones no financieras S.11 | Corporaciones financieras S.12 | Gobierno S.13 | Inst. sin fines de lucro S.15 |
|---|-------------------------------------|--|---|--------------------------|--|
| - Gasto de capital en I+D | | | | | |
| + Otros impuestos menos subsidios a la producción | | | | | |
| + Excedente de operación neto | | | | | |
| + Consumo de capital fijo | | | | | |
| - Duplicación con Software | | | | | |
| = Producción de I+D | | | | | |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

La Figura 26 muestra los bloques de análisis que conforman la estructura central de la cuenta satélite de I+D, partiendo por el gasto total en I+D para pasar a calcular la producción de I+D, el stock y consumo de capital para finalmente obtener la capitalización de I+D por sectores institucionales, ramas de actividad y objetivo socioeconómico.

Figura 26. Estructura de la Cuenta Satélite de I+D por bloques de análisis



Fuente: (Frechtling, 2010).

Elaboración: Juan Aguilar.

2. Producción y Capitalización de la I+D

2.1 Medición del Producto en I+D

La Cuenta Satélite de I+D permite determinar el valor de la I+D producida en el país y el uso de esta producción como inversión para la formación bruta de capital fijo. El método más frecuente para medir la producción del conocimiento es igualar tal producción con los gastos necesarios para producirlo. Estos gastos además pueden ser acumulados en el tiempo (considerando o no la depreciación) para medir la evolución del stock de conocimiento.

Esta aproximación es la más utilizada en las cuentas económicas nacionales donde no es posible realizar una medición exacta del producto generado a partir de una actividad en específico, a esta producción también se la conoce como 'producción de no-mercado'. Un ejemplo clarísimo de este tipo de producción es aquella generada por las amas de casa en el trabajo doméstico, donde, debido a que la comida que preparan todos los días no tiene precio ni se vende en el mercado, ésta no se contabiliza dentro del PIB. La incidencia de este sector en la economía real se calcula a través de la cuenta satélite 'Hogares con trabajo doméstico no remunerado' realizada por el INEC.

Tres bloques de análisis y convenciones son necesarios para esta estimación: en primer lugar el grupo de organizaciones (unidades y sectores institucionales) que en sus estructuras institucionales y propósitos son relevantes para la I+D; los aspectos conceptuales y ajustes necesarios para la construcción de la cuenta satélite; y, el procedimiento para estimación a dólares constantes.

Ni la creación del conocimiento, ni el stock de conocimiento resultante son medibles directamente. Las medidas del producto, como el número de artículos científicos y técnicos publicados en revistas especializadas y el número de patentes reconocidas, son solo aproximaciones a la creación del conocimiento porque solo cubren una porción de la I+D y porque muchas innovaciones no son patentadas.

Para los productores de mercado (i.e. corporaciones no financieras) es necesario estimar y añadir el excedente de operación neto¹². Este ajuste se debe a que el costo de capital implica (también para el consumo de capital fijo) el costo de oportunidad de mantener este capital (Statistics Canada, 2004).

2.2 Excedente Neto de Operación

Para la producción de mercado (corporaciones no financieras), es necesario calcular el excedente neto de operación el cual se define como la diferencia entre el excedente bruto

¹² Este ajuste no es necesario para los productores que no son de mercado para los cuales no se asume un excedente neto de operación.

de explotación y la depreciación del capital. Debido a la falta de información de este excedente por rama de actividad se utilizan límites o cotas máximas como alternativas para la cuenta satélite de Alemania y Canadá. (Oltmanns, Bolleyer y Schulz, 2008).

Es el valor de la diferencia entre el Excedente Bruto de Explotación y el Consumo de Capital Fijo. Mide el excedente (o déficit) de las actividades de producción antes de considerar los intereses, las rentas de la tierra o los importes que la unidad de producción:

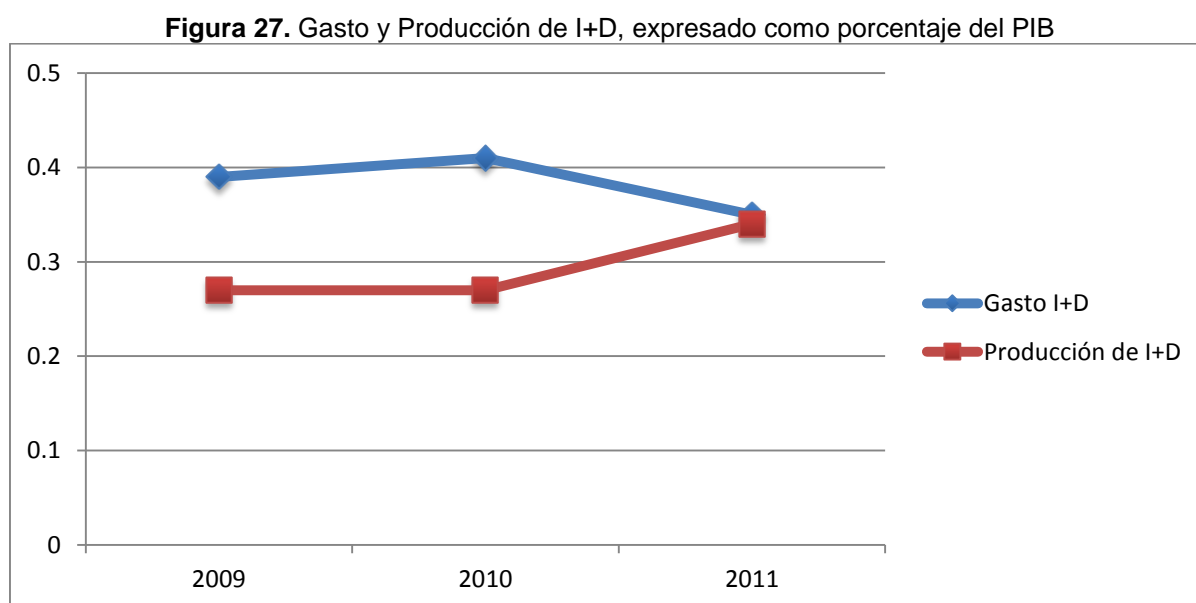
a) debe pagar sobre los activos financieros o los activos materiales no producidos que tiene en préstamo o ha alquilado.

b) debe cobrar sobre los activos financieros o los activos materiales de los que es propietaria.

Por tanto, de manera resumida, el excedente neto de explotación corresponde a la renta que obtienen las unidades residentes a partir de la utilización de sus propios activos de producción. El tratamiento metodológico para la cuenta satélite de I+D se efectúa con un margen del .50 sobre el total del gasto realizado (Oltmanns, et al., 2008).

2.3 Evolución del gasto y la producción de I+D en Ecuador

La evolución del gasto y la producción de I+D permite apreciar qué tan eficiente ha sido el uso de los recursos destinados al desarrollo de estas actividades, en este sentido, el escenario del año 2011 es el ideal ya que converge a un punto en el que el gasto es prácticamente igual a la producción de I+D, con una brecha porcentual de apenas 0.01% (Figura 27).



Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

3. Producción y Capitalización de I+D en el Ecuador

La producción de I+D se traduce como el proceso de transición del gasto en I+D hacia el desarrollo de nuevas tecnologías y su correspondiente aplicación práctica. El método más frecuente para medir la producción del conocimiento es igualar tal producción con los gastos en que se incurrió para su generación (Ecuación 2).

$$\text{Producción de I+D} = \text{GI} - \text{GK} + \text{ISP} + \text{EON} + \text{CK} \quad (2)$$

Donde:

- GI = Gasto intramuros en I+D.
- GK= Gasto de capital en I+D.
- ISP= Otros impuestos menos subsidios a la producción.
- EON= Excedente de operación neto.
- CK= Consumo de capital fijo.

Bajo este esquema, la cuenta satélite permite calcular la producción de I+D por sector institucional, rama de actividad y objetivo socio-económico, determinando el peso del gobierno central y el sector privado en la generación de I+D.

3.1 Producción de I+D por Sector Institucional

En el año 2009, la producción de I+D fue mayor en el sector de Gobierno, tomando en cuenta que en dicho período hubo un total de 1.785 proyectos de I+D (Tabla 22).

Tabla 22. Producción de I+D por Sector Institucional año 2009 (millones de dólares corrientes)

| Variable | Gasto intramuros en I+D (Manual de Frascati) | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|------------------------------|--|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Gasto de I+D | 246,7 | 99,4 | - | 5,2 | 14,2 | 166,7 |
| Corporaciones No-Financieras | 104,1 | 43,03 | - | 5,2 | 6,1 | 72,4 |
| Gobierno central | 125,2 | 51,7 | - | - | 7,4 | 80,8 |
| ONG | 17,5 | 4,7 | - | - | 0,7 | 13,5 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Con respecto al año 2010, la producción de I+D del sector de Corporaciones No-Financieras sobrepasa al sector Gobierno en 3,1 millones de dólares, además se aprecia para el sector en mención una disminución del gasto de capital en I+D con respecto al Gobierno y un aumento del excedente de operación neto de 21,2% con respecto al año 2009 (Tabla 23).

Tabla 23. Producción de I+D por Sector Institucional año 2010 (millones de dólares corrientes)

| Variable | Gasto intramuros en I+D (Manual de Frascati) | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|------------------------------|--|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Gasto de I+D | 280,3 | 135,8 | - | 6,3 | 33,6 | 184,4 |
| Corporaciones No-Financieras | 126,8 | 63,49 | - | 6,3 | 15,2 | 84,9 |
| Gobierno central | 130,4 | 65,3 | - | - | 16,7 | 81,8 |
| ONG | 23,1 | 7,1 | - | - | 1,7 | 17,6 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Finalmente, en el año 2011, la producción de I+D de las Corporaciones No-Financieras supera en 65,3 millones de dólares al Gobierno, el excedente de operación neto también incrementó con respecto al año 2010 y hubo un mayor consumo de capital fijo (Tabla 24).

Tabla 24. Producción de I+D por Sector Institucional año 2011 (millones de dólares corrientes)

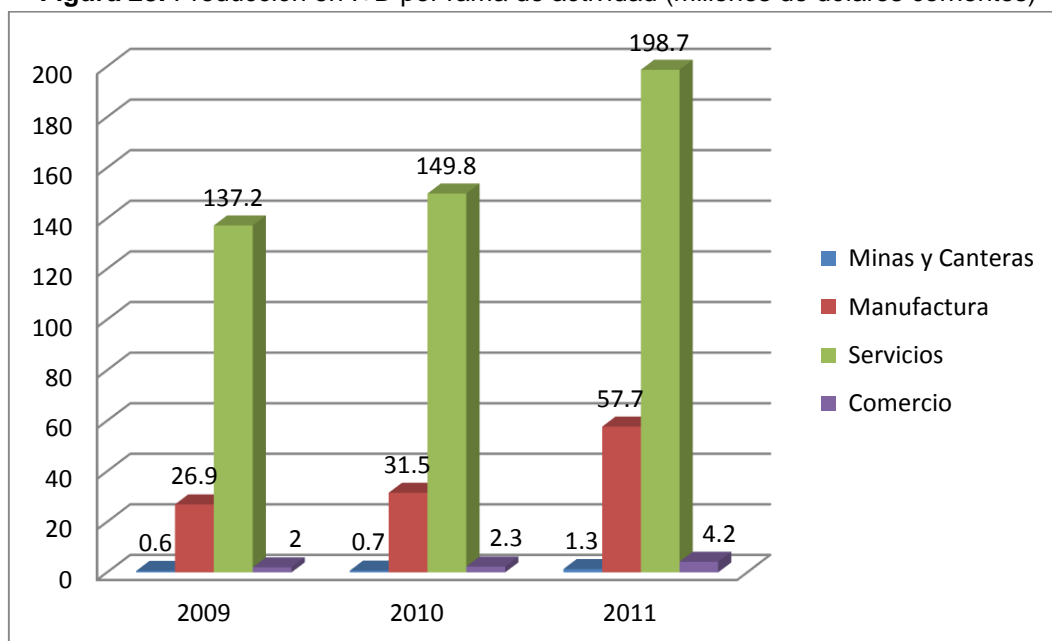
| Variable | Gasto intramuros en I+D (Manual de Frascati) | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|------------------------------|--|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Gasto de I+D | 269,5 | 57,5 | - | 8,1 | 41,8 | 261,9 |
| Corporaciones No-Financieras | 161,9 | 34,88 | - | 8,1 | 20,2 | 155,3 |
| Gobierno central | 89,9 | 19,4 | - | - | 19,5 | 90,0 |
| ONG | 17,6 | 3,2 | - | - | 2,1 | 16,5 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

3.2 Producción de I+D por rama de actividad

Durante el período de 2009 a 2011, el sector de Servicios generó la mayor producción de I+D con respecto a las otras actividades económicas, teniendo una participación aproximada del 80% del total de la producción del periodo mencionado (Figura 28). Los resultados completos se encuentran en el Anexo A.

Figura 28. Producción en I+D por rama de actividad (millones de dólares corrientes)



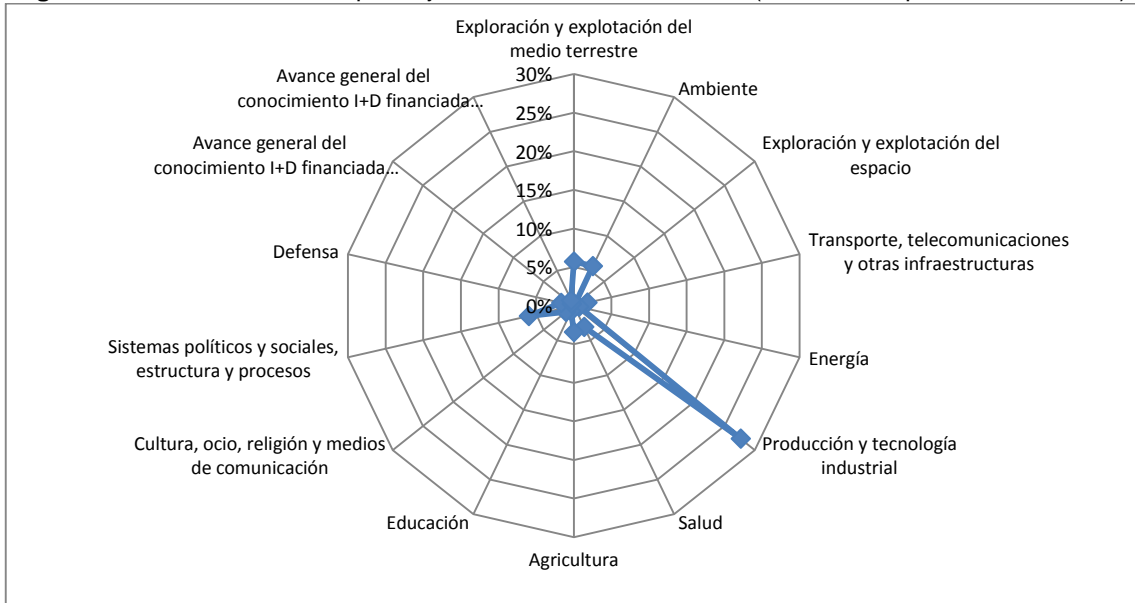
Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

3.3 Producción de I+D por Objetivo Socioeconómico

Analizando los objetivos socio económicos en el año 2009, el objetivo de Producción y Tecnología Industrial fue quien generó una mayor producción de I+D, con una participación aproximada del 28% del total de la producción en dicho periodo (Figura 29). Los resultados completos se encuentran en el Anexo B.

Figura 29. Producción en I+D por objetivo socio económico 2009 (contribución porcentual del total)*



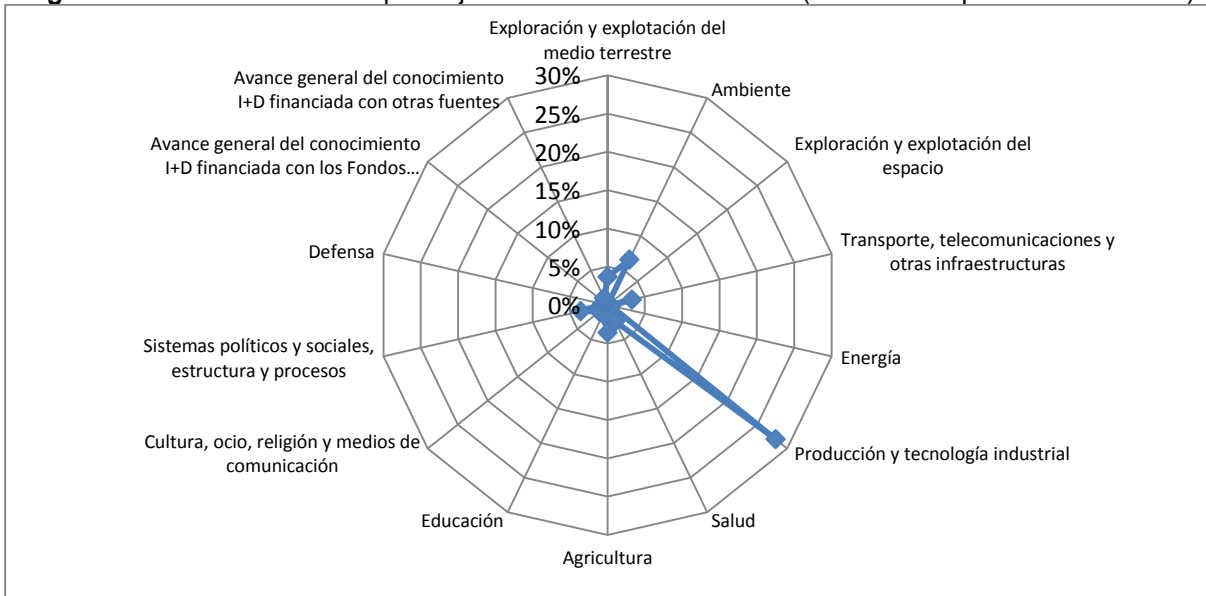
Fuente: Senescyt, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

***Nota Metodológica:** En los siguientes gráficos se ha omitido la producción de I+D del sector empresarial ya que este no está considerado dentro de la categoría de objetivos socioeconómicos.

En el año 2010, se registró un incremento de la producción de I+D para el objetivo socioeconómico de Producción y Tecnología Industrial de 12,4% con respecto al año 2009, siendo el que más generó producción dentro de todos los objetivos (Figura 30). Los resultados completos se encuentran en el Anexo C.

Figura 30. Producción en I+D por objetivo socio económico 2010 (contribución porcentual del total)

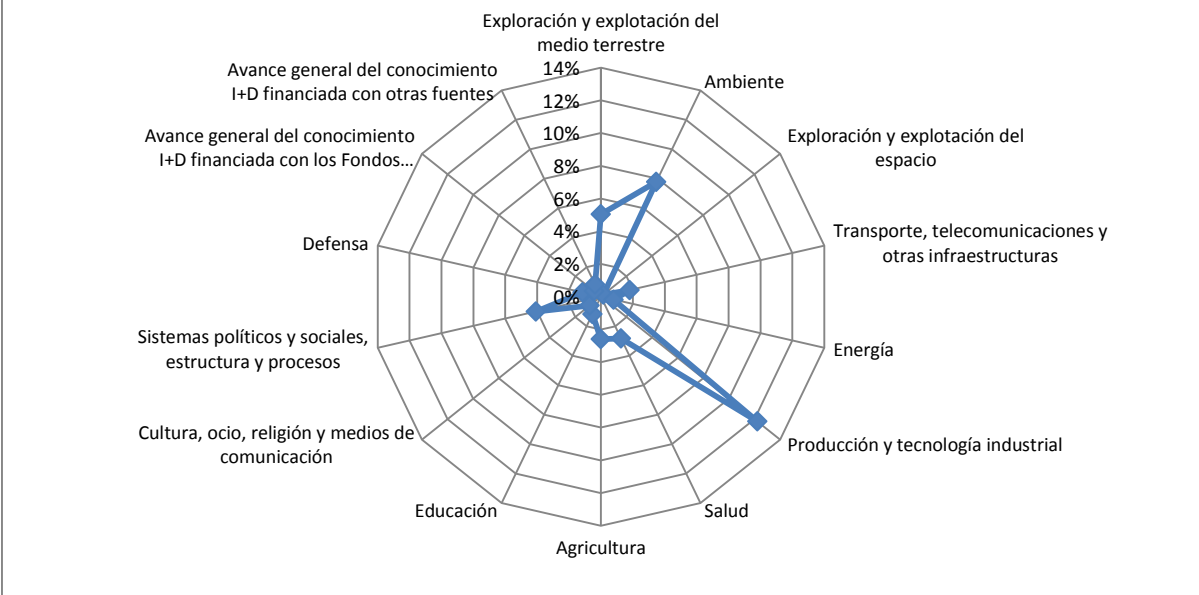


Fuente: Senescyt, 2013.

Elaboración: Juan Aguilar.

En el año 2011, se registró una disminución de la producción de I+D del objetivo socioeconómico Producción y Tecnología Industrial de 38,2% con respecto al año 2010, sin embargo, este fue el que más generó producción de I+D para dicho período (Figura 31). Los resultados completos se encuentran en el Anexo D.

Figura 31. Producción en I+D por objetivo socio económico 2011 (contribución porcentual del total)



Fuente: Senescyt, 2014.
Elaboración: Juan Aguilar.

De forma general, se puede observar cómo durante el periodo de análisis, los proyectos ejecutados de I+D tenían como foco principal la Producción y Tecnología Industrial, lo cual constituye un buen indicador sobre los esfuerzos realizados con miras al cambio de la estructura productiva nacional.

Se observa también un incremento progresivo de los proyectos enfocados al objetivo socioeconómico ambiental, teniendo su pico más alto en el año 2011, esto se debe a la creciente importancia que ha venido ganando este sector en los últimos años, donde resaltan los proyectos de conservación del medio ambiente y aquellos enfocados a la generación de energías renovables.

3.4 Stock y Consumo de Capital de I+D

Una vez realizados los ajustes metodológicos previamente descritos para el gasto de capital de las Corporaciones No-Financieras, se puede apreciar una participación equilibrada en este rubro por parte de las Corporaciones No-Financieras y del Gobierno central, para el periodo 2009-2011, ambos sectores institucionales gastaron 48,3 y 46,6 % respectivamente del total (Tabla 25). Para el cálculo del stock y consumo de capital se realizó la siguiente estimación:

$$Stock\ de\ Capital_t = Stock\ de\ Capital_{t-1} - Consumo\ de\ Capital_{t-1} + Gasto\ de\ Capital_t \tag{1}$$

Tabla 25. Stock y consumo de capital en I+D por sector institucional: período 2009 a 2011
(millones de dólares corrientes)

| Gasto de capital | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Total Gasto | 99,4 | 135,8 | 57,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Corporaciones No-Financieras | 43,0 | 63,5 | 34,9 | | | | | | | | |
| Gobierno central | 51,7 | 65,3 | 19,4 | | | | | | | | |
| ONG | 4,7 | 7,1 | 3,2 | | | | | | | | |
| Stock de capital | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Total Stock | 99,4 | 221,0 | 244,9 | 203,1 | 161,3 | 119,5 | 77,6 | 35,8 | 8,2 | 0,0 | 0,0 |
| Corporaciones No-Financieras | 43,0 | 100,4 | 120,0 | 99,8 | 79,6 | 59,4 | 39,2 | 19,0 | 5,0 | (0,0) | (0,0) |
| Gobierno central | 51,7 | 109,6 | 112,3 | 92,8 | 73,3 | 53,8 | 34,3 | 14,9 | 2,8 | 0,0 | 0,0 |
| ONG | 4,7 | 11,1 | 12,6 | 10,5 | 8,4 | 6,2 | 4,1 | 1,9 | 0,5 | (0,0) | (0,0) |
| Consumo de capital | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Total Consumo de capital | 14,2 | 33,6 | 41,8 | 41,8 | 41,8 | 41,8 | 41,8 | 27,6 | 8,2 | - | - |
| Corporaciones No-Financieras | 6,1 | 15,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 14,1 | 5,0 | | |
| Gobierno central | 7,4 | 16,7 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 12,1 | 2,8 | | |
| ONG | 0,7 | 1,7 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,5 | 0,5 | | |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

3.5 Capitalización de la producción I+D

La capitalización de la I+D tiene como objetivo establecer el impacto de la I+D en las variables agregadas como el PIB, el valor agregado bruto y la formación bruta de capital fijo. Para las cuentas satélite se sugieren tres escenarios de capitalización: extensivo, medio y restrictivo (Oltmanns, et al., 2008). La aplicación de cada escenario depende de las fuentes de información disponibles.

Una vez calculada la producción de los diferentes sectores institucionales analizados, se procede a calcular el stock de conocimiento acumulado en el tiempo considerando la depreciación lineal (criterio de 7 años) (Cañadas, 2010). Para evitar los efectos de la inflación e integrar la información a cuentas nacionales, se utiliza el deflactor del PIB para determinar la producción en dólares constantes.

Para la capitalización de la I+D se asume el escenario extensivo, donde la producción de todos los sectores y de todas las ramas es incluida en la formación bruta de capital fijo, bajo

este escenario se determina el límite superior de la capitalización de I+D (inclusión total de los sectores y las ramas de actividad).

Con respecto al cálculo de la capitalización de I+D para el periodo de análisis 2009-2011 se realizó la siguiente estimación:

$$\text{Stock de Capital}_t = \text{Stock de Capital}_{t-1} - \text{Consumo de Capital}_{t-1} + \text{Formación de K}_t \quad (2)$$

Donde, para realizar el cálculo del consumo de capital para los diferentes periodos, se utilizó la siguiente fórmula, con el criterio de depreciación de siete años mencionado en la sección metodológica:

$$\text{Consumo de Capital}_t = \text{Formación de K}_t \div \text{Dep. lineal (7)} + \text{Consumo de K}_{t-1} \quad (3)$$

En este contexto se observó que las Corporaciones No-Financieras son las instituciones que tienen un mayor aporte en la formación de capital en I+D, con una participación del 51% del total de formación para el periodo 2009-2011, seguidas por el Gobierno Central con una participación del 41,2% (Tabla 26). Posteriormente se podrá apreciar cuánto de esta nueva producción aporta a la formación bruta de capital fijo de la economía nacional.

Tabla 26. Capitalización de I+D por sector institucional período 2009 a 2011
(millones de dólares corrientes)

| Formación de capital en I+D | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Total | | | | | | | | | | | |
| Formación | 166,7 | 184,4 | 261,9 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Corporaciones No-Financieras | 72,4 | 84,9 | 155,3 | | | | | | | | |
| Gobierno central | 80,8 | 81,8 | 90,0 | | | | | | | | |
| ONG | 13,5 | 17,6 | 16,5 | | | | | | | | |
| Stock de capital | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Total Stock | 166,7 | 327,3 | 539,0 | 451,5 | 363,9 | 276,3 | 188,7 | 101,2 | 37,4 | 0,0 | 0,0 |
| Corporaciones No-Financieras | 72,4 | 147,0 | 279,8 | 235,2 | 190,5 | 145,8 | 101,2 | 56,5 | 22,2 | 0,0 | 0,0 |
| Gobierno central | 80,8 | 151,1 | 217,9 | 181,8 | 145,7 | 109,6 | 73,5 | 37,4 | 12,9 | 0,0 | 0,0 |
| ONG | 13,5 | 29,2 | 41,3 | 34,5 | 27,7 | 20,9 | 14,1 | 7,2 | 2,4 | (0,0) | (0,0) |
| Consumo de capital | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Total Consumo de capital | 23,8 | 50,2 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 87,6 | 63,8 | 37,4 | - | - |
| Corporaciones No-Financieras | 10,3 | 22,5 | 44,7 | 44,7 | 44,7 | 44,7 | 44,7 | 34,3 | 22,2 | | |
| Gobierno central | 11,5 | 23,2 | 36,1 | 36,1 | 36,1 | 36,1 | 36,1 | 24,6 | 12,9 | | |
| ONG | 1,9 | 4,4 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 4,9 | 2,4 | | |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2014.

Nota: El criterio de depreciación lineal utilizado es de 7 años.

Con respecto al stock de conocimiento generado a partir de la producción de I+D se puede apreciar como éste experimentó un crecimiento sustancial del 2009 al 2011 de aproximadamente 223 %, luego de aplicar el criterio de depreciación lineal (i.e. consumo de capital) y sumar la formación de capital en I+D. Por lo tanto, recordando la definición básica de I+D ‘trabajo creativo llevado a cabo de forma sistémica para incrementar el volumen de conocimientos de la sociedad’, se puede concluir que la I+D efectivamente genera capacidades y retornos en el tiempo que se ven transformados en nueva tecnología, nuevos procesos productivos y aplicaciones prácticas que benefician al crecimiento económico y al desarrollo social del país.

Finalmente, todo lo analizado hasta este punto permite cumplir con el objetivo central de esta investigación, sintetizar el impacto directo de la I+D en la economía ecuatoriana. Para esto, se utilizó la información de las Tablas Oferta-Utilización (TOU) para el periodo 2009-2011 y los datos de la Cuenta Satélite de I+D.

Tabla 27. Impacto Cuantitativo de la Capitalización de I+D en los indicadores económicos de Ecuador

| Indicador | Escenario Extensivo | | |
|---------------------------------|---------------------|------|------|
| | % | | |
| | 2009 | 2010 | 2011 |
| Producción Total | 0,16 | 0,16 | 0,19 |
| Consumos Intermedios | 0,35 | 0,36 | 0,45 |
| Valor Agregado Bruto | 0,28 | 0,28 | 0,34 |
| Producto Interno Bruto | 0,27 | 0,27 | 0,34 |
| Gastos finales de Consumo | 0,36 | 0,35 | 0,45 |
| Formación Bruta de Capital Fijo | 1,17 | 1,08 | 1,28 |
| Excedente Bruto de Explotación | 0,45 | 0,43 | 0,53 |

Fuente: Senescyt, 2014; BCE, 2014.

Elaboración: Juan Aguilar.

A partir de esto, se puede apreciar que la participación de la I+D en la producción total de la economía fue avanzando, también lo hizo la participación de su producción como consumo intermedio o insumo dentro de los diferentes procesos productivos de la economía nacional.

Es necesario entender al excedente bruto de explotación como el conjunto de rentas generadas por los diferentes procesos productivos. Es decir que, por cada \$100 de renta generados por el total de procesos productivos de la economía, apenas \$0,53 se atribuyen a la producción de I+D en el año 2011.

Son varias las razones por las cuales se da esta baja participación; a lo largo de esta investigación se pudo apreciar que la inversión en I+D aún es muy baja en relación al PIB, el sector empresarial, foco productivo del país, ha tenido una participación mínima en el financiamiento de actividades de I+D, el sector que más produce I+D es el sector de Servicios y por tanto estas inversiones no se ven reflejadas significativamente en nuevos productos introducidos a la economía y como consecuencia, la participación de la producción de I+D en la generación de riqueza de la economía, aún es mínima.

Conclusiones

El objetivo general de esta investigación fue proveer de manera sistematizada un análisis de la evolución de la I+D en el país durante el periodo 2009-2011. Este primer diagnóstico sobre la situación de la I+D en el país, permitió identificar a este componente como pieza fundamental para el cambio de la estructura productiva nacional, presentando de forma sintetizada el impacto de la I+D en la economía ecuatoriana.

La inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación está fuertemente asociada con la mejora productiva y competitiva de las economías, el crecimiento económico y el desarrollo social, en este sentido, la I+D se convierte en un factor determinante para la generación de riqueza y capacidades en una economía.

Queda claro entonces que los rubros destinados a financiar la I+D no deben ser tratados como gastos corrientes sino como inversiones, ya que a pesar de que estos esfuerzos no generan retornos de manera inmediata, una vez que alcanzan su cometido — crear productos y procesos nuevos o significativamente mejorados — su acción generadora de renta y minimizadora de costos no concluye en un solo periodo sino que perdura en el tiempo, generando un acervo social de conocimientos.

Los sectores económicos de servicios y manufactura son los que más aportan en la generación de I+D en el país con una participación conjunta del 98% con respecto al total de la producción de I+D en el país. Por tanto, resulta necesario que las ramas de actividad enfocadas al comercio y a la exploración de minas y canteras realicen mayores esfuerzos en el financiamiento de estas actividades, para de esta manera mejorar sus niveles de eficiencia y generar un mayor bienestar a la sociedad en general.

Finalmente, gracias a la metodología de la cuenta satélite se podrá llevar un seguimiento periódico de la evolución del impacto de la I+D en las diferentes variables económicas agregadas (i.e. PIB, formación bruta de capital fijo, excedente bruto de explotación, etc.), información que será de suma importancia para generar política pública que fomente su desarrollo en el país y acelere la transición de la economía ecuatoriana hacia una economía basada en el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación.

Para la formación de una economía basada en el conocimiento es necesario una articulación continua entre el sector privado, aportando con recursos e ideas, la academia en la parte investigativa y en la formación de talento humano, los ciudadanos emprendedores con proyectos innovadores y el Estado en la generación de espacios de coordinación que permitan el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación, con miras a mejorar el bienestar de la sociedad en base al desarrollo cognitivo de su población.

En la actualidad el Estado Ecuatoriano es quién participa mayoritariamente en el financiamiento de la investigación y desarrollo experimental, buscando de esta manera estimular la producción de bienes y servicios con un alto componente tecnológico que permitan al país mejorar su competitividad en el mercado mundial pero para que este esfuerzo sea eficiente en términos macro es necesario que la participación del sector empresarial aumente significativamente ya que en promedio este último sector tuvo una participación de apenas el 1% con respecto al total del financiamiento de actividades científico-tecnológicas.

Ingentes esfuerzos se han realizado en materia de investigación y apoyo a la innovación, reflejo de esto son los diferentes programas y asignaciones presupuestarias orientadas al desarrollo del talento humano, al incremento la producción científica del país y al financiamiento de proyectos innovadores que contribuyan al cambio de la matriz productiva y generen valor agregado a la producción nacional.

La creación de un mercado de capital de riesgo es inminente si se busca transitar hacia una economía basada en la innovación, uno de los principales obstáculos a los que se enfrenta el país con miras a lograr este salto productivo es la aversión al riesgo del sector financiero con respecto a proyectos que no garanticen un retorno en el corto plazo y pero aún que estén asociados a un alto nivel de incertidumbre, características inherentes de los proyectos de innovación, que muchas veces terminan estancados sin poder desarrollarse y entrar al mercado.

Frente a la vulnerabilidad de la economía ecuatoriana, un salto hacia el adelanto tecnológico y productivo resulta necesario y urgente, la extrema dependencia con respecto a las exportaciones primarias y a sus fluctuantes precios en el mercado mundial provocan fuertes impactos negativos en el crecimiento económico y obliga al Estado a disminuir su inversión y por ende frena el dinamismo de la economía, realidad que fuera distinta si la producción nacional tuviera un alto componente tecnológico en sus productos de exportación, y no tuviera que importar masivamente bienes y servicios tecnológicos.

Es necesario arriesgar para promover el desarrollo de la innovación en el país, si ningún sector económico está dispuesto a asumir ese riesgo de apostar a proyectos innovadores entonces la transición hacia una economía basada en el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación seguirá siendo un simple anhelo.

Recomendaciones

La I+D es un campo de estudio relativamente nuevo dentro del análisis económico, por lo que orientar esfuerzos de investigación en esta materia, resulta primordial para la formulación de política pública enfocada al desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación, las cuales son fundamentales para alcanzar una mejora sustancial de la productividad nacional.

El abordaje de esta investigación se basó en un análisis estadístico descriptivo de la evolución de la I+D en el país. Dado el potencial de investigación en este campo, los futuros trabajos podrían tomar diferentes enfoques, utilizando herramientas econométricas como regresiones y evaluaciones de impacto que permitan determinar el efecto de políticas científicas y tecnológicas en la productividad y eficiencia de la industria nacional.

Para fortalecer la producción de la I+D en los diferentes sectores de la economía sería interesante desarrollar incentivos tributarios que fomenten la generación de actividades de ciencia, tecnología e innovación, lo cual le permitiría al país generar mayor valor agregado a su producción y dar ese salto tecnológico deseado.

Resulta fundamental dar un adecuado seguimiento a la evolución de los diferentes indicadores de ciencia, tecnología e innovación del país, para lo cual se requiere realizar revisiones metodológicas periódicamente y actualizar las diferentes fuentes de información, para de esta manera garantizar la calidad de la información estadística y la comparabilidad internacional de los resultados.

Como parte de los esfuerzos de integración que se llevan a cabo en la actualidad por parte las economías latinoamericanas y el caribe, sería interesante que se desarrolle un sistema integrado de cuentas que permita tener una clasificación homogénea de sus industrias según su intensidad tecnológica, evaluar la evolución del gasto en I+D regional, el impacto de este componente en las respectivas economías y de esta manera generar conjuntamente diferentes políticas científico-tecnológicas que permitan a los países miembros transitar hacia economías basadas en el conocimiento.

Los resultados de la encuesta ACTI, reflejan la información referente a las diferentes unidades de análisis estudiadas y es posible que existan datos atípicos e información inexacta por la falta de conocimiento de los conceptos referentes a I+D, lo cual se podrá corregir únicamente con una adecuada capacitación tanto a los encuestadores como a los encuestados para que la información que se recolecte en los levantamientos futuros sea lo más exacta posible.

La necesidad de cubrir los vacíos de información con respecto a la información de la I+D, resulta un desafío conjunto para las diferentes instituciones del país, en este sentido, para los siguientes levantamientos se incluyan preguntas referentes al gasto de capital del sector privado no financiero y se desarrolle un tratamiento metodológico específico para las actividades de software.

Sería interesante que en las futuras investigaciones sobre I+D, se analice el efecto de los insumos de investigación intermedios (i.e. I+D realizada por los proveedores) en la productividad de la economía nacional, para de esta manera incluir el cálculo de la I+D indirecta y tener un indicador más robusto que refleje la importancia de la cooperación inter e intra-industrial en la generación de I+D y en la mejora productiva de la economía.

Con el fin de complementar los esfuerzos en materia de I+D en torno al cambio de la matriz productiva, sería interesante identificar productos importados que a través de procesos de transferencia de tecnología puedan ser producidos en el país y de esta manera contribuir a la sustitución selectiva de importaciones, pieza clave dentro de la agenda para la transformación productiva del país.

Finalmente, existe un gran desafío referente a la vinculación de la I+D con las diferentes demandas sociales, para lo cual se debe promover la generación y aplicación de nuevos conocimientos en función de las diferentes necesidades de la población, fortaleciendo la capacidad productiva del país y mejorando el bienestar de la sociedad en general.

Referencias bibliográficas

- Aghion, P., y Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. MIT Press. Recuperado a partir de <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=tLuqjIVJUcoC&pgis=1>
- Arocena, J. (1997). Globalización, Integración y Desarrollo Local. *ILADES*, 13. Recuperado a partir de <http://www.cedet.edu.ar/Archivos/Bibliotecas/arocena.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (2015). Información Estadística Mensual. Recuperado 27 de abril de 2015, a partir de <http://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Banco Mundial. (2012). Knowledge Economy Index. Recuperado 27 de abril de 2015, a partir de <http://siteresources.worldbank.org/INTUNIKAM/Resources/2012.pdf>
- Cañada, A. (2009). *Las cuentas satélite como extensión de los sistemas input-output a partir de la experiencia de España: aproximación a una cuenta satélite de I+D*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado a partir de http://www.shaio.es/cdt/cdt_s2_01_09.pdf
- CEPAL. (2002). *Informe del Primer Taller Latinoamericano de la Cuenta Satélite de turismo: Los temas claves*. Santiago de Chile. Recuperado a partir de <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/1/10471/lcr2090e.pdf>
- CEPAL. (2006). Una herramienta para calcular el índice de especialización tecnológica (IET) de las exportaciones de un país a diferentes mercados. Recuperado a partir de <http://www.cepal.org/cgibin/getprod.asp?xml=/ddpe/noticias/paginas/1/26431/P26431.xml&xsl=/ddpe/tpl/p18f.xsl&base=/ddpe/tpl/top-bottomudit.xsl>
- Correa, R. (2004). *La vulnerabilidad de la economía ecuatoriana: Hacia una mejor política económica para la generación de empleo, reducción de la pobreza y desigualdad*. Quito: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Frechtling, D. C. (2010). The Tourism Satellite Account. *Annals of Tourism Research*, 37(1), 136-153. doi:10.1016/j.annals.2009.08.003
- Grupo Scimago. (2006). El índice h de Hirsch: aportaciones a un debate. *El profesional de la información*, pp. 304-306. Recuperado a partir de <http://elprofesionalde lainformacion.metapress.com/media/gl91504yqk4tnv5rkc3u/contributions/9/v/b/q/9vbqk4evp6gbhyqm.pdf>
- Guzmán, A. (2000). *Las fuentes endógenas del crecimiento económico. Economía: Teoría y Práctica*. México, DF.
- Hirsch, J. (2005). *An index to quantify an individual's scientific research output. Department of Physics, University of California*. San Diego. Recuperado a partir de <http://arxiv.org/pdf/physics/0508025v5.pdf>
- INEC. (2011). *Cuenta Satélite del Trabajo No Remunerado de los Hogares*. Quito.

- INEC. (2012). Clasificación Nacional de Actividades Económicas: CIIU REV. 4.0. Recuperado 4 de febrero de 2015, a partir de http://www.inec.gob.ec/estadisticas/SIN/metodologias/CIIU_4.0.pdf
- INEC y MSP. (2008). *Cuenta Satélite de los Servicios de Salud del Ecuador 2005-2008*. (D. Montenegro & H. Sarango, Eds.) Vasa. Quito.
- Jansen, D. (Ed.). (2006). *Governance and Performance in the German Public Research Sector* (32.^a ed.). London: Springer. doi:10.1007/978-90-481-9139-0
- Leydesdorff, L. (2006). *The Knowledge-based Economy: Modeled, Measured, Simulated*. (G. Moore, Ed.). Florida: Universal Publishers.
- MCPEC. (2011). *Agenda para la Transformación Productiva*. Quito: Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad.
- Ministerio Coordinador de Conocimiento y Talento Humano. (2013). *Especialización Tecnológica de las Exportaciones Ecuatorianas* (2^a Ed.). Quito. Recuperado a partir de http://www.conocimiento.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/05/NOTA_T%C3%89CNICA_1_ESPECIALIZACI%C3%93N_TECNOL%C3%93GICA.pdf
- OECD. (1996). *The Knowledge based economy*. París. Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/science/sci-tech/1913021.pdf>
- OECD. (2002). *Frascati Manual: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development. The Measurement of Scientific and Technological Activities* (Vol. 6th). doi:10.1787/9789264199040-en
- OECD. (2007). *Manual de Oslo* (Vol. 30). Madrid. doi:10.1787/9789264065659-es
- OECD. (2011a). *Classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities. OECD Directorate for Science, Technology and Industry*. Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/sti/ind/48350231.pdf>
- OECD. (2011b). OECD Science, Technology and Industry Scoreboard. Recuperado a partir de http://www.oecd-ilibrary.org/sites/sti_scoreboard-2011-en/06/08/index.html?itemId=/content/chapter/sti_scoreboard-2011-62-en
- Oltmanns, E., Bolleyer, R., y Schulz, I. (2008). A Preliminary R&D Satellite Account for Germany. *The International Association for Research in Income and Wealth*, 17. Recuperado a partir de <http://www.iariw.org/papers/2008/oltmanns.pdf>
- Palda, K. (1986). Technological intensity: Concept and measurement. *Research Policy*, 15(4), 187-198. doi:10.1016/0048-7333(86)90014-4
- Perkins, D., Radelet, S., y Lindauer, D. (2006). *Economics of Development*. (J. Repcheck, Ed.) (Sixth Edit.). New York: Norton & Company, Inc.
- Piketty, T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century* (First Ed.). Boston: Harvard University Press.
- PNUD. (2014). Human Development Report 2014. Recuperado 4 de mayo de 2015, a partir de <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-report-en-1.pdf>

- RICYT. (2011). *El Estado de la Ciencia: Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos e Interamericanos*. Buenos Aires.
- Sachs, J., y Larrain, F. (1993). *Macroeconomics in the Global Economy*. Prentice Hall. Recuperado a partir de <https://books.google.com/books?id=ItfrAAAAMAAJ&pgis=1>
- SCIMAGO. (2015). SCImago Journal & Country Rank. Recuperado 28 de enero de 2015, a partir de <http://www.scimagojr.com/compare.php?un=countries&c1=Latin America&c2=EC&c3=BR&c4=Western Europe&area=0&category=0&in=itp>
- SENESCYT. (2013). *Encuesta de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Quito.
- SENESCYT. (2015). El 2015, año del Ecosistema de Innovación Social se presenta con la Feria INNOPOLIS 'Conocimiento es Libertad'. Recuperado 27 de enero de 2015, a partir de <http://www.educacionsuperior.gob.ec/el-2015-ano-del-ecosistema-de-innovacion-social-se-presenta-con-la-feria-innopolis-conocimiento-es-libertad/>
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (2da Ed.)*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Servicio de Rentas Internas (SRI). Codificación de la Ley de Régimen Tributario Interno (2012).
- Statistics Canada. (2004). *The Canadian Research and Development Satellite Account, 1997 to 2004*. Ottawa.
- Thirlwall, A. (2011). *Balance of Payments Constrained Growth models: History and Overview*. Canterbury.
- Tirole, J. (1992). *The Theory of Industrial Organization (5th ed.)*. Massachusetts: The MIT Press.
- UNESCO. (2002). La Sociedad del Conocimiento. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (171), 33. Recuperado a partir de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SHS/pdf/171-fulltext171spa.pdf>
- UNSTAT. (2010). *Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework. Department of Economic and Social Affairs*. París: Eurostat, World Tourism Organization, OECD. Recuperado a partir de http://unstats.un.org/unsd/publication/Seriesf/SeriesF_80rev1e.pdf
- Vicente, J., Parra, F., y Zofío, J. (2012). Cuadernos de economía. *Cuadernos de Economía*, 35(99), 182-197. doi:10.1016/S0210-0266(12)70034-1
- World Bank. (2002). *Constructing Knowledge Societies: New Challenges for Tertiary Education*. Washington, DC.
- World Economic Forum. (2014). The Global Competitiveness Report 2014-15. Recuperado 28 de abril de 2015, a partir de http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf
- World Intellectual Property Organization. (2014). *The Global Innovation Index 2014*. (Dutta, S., Lanvin, B., & Wunsch, S. Eds.).

Anexos

Anexo A. Producción en I+D por rama de actividad 2009-2011 (millones de dólares corrientes)

| Rama | 2009 | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|------------------|-------|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Total | 246,7 | 99,4 | - | 5,2 | 14,2 | 166,7 |
| Minas y Canteras | 0,8 | 0,3 | - | 0,0 | 0,0 | 0,6 |
| Manufactura | 38,7 | 16,0 | - | 1,9 | 2,3 | 26,9 |
| Servicios | 204,4 | 81,9 | - | 3,1 | 11,7 | 137,2 |
| Comercio | 2,8 | 1,2 | - | 0,1 | 0,2 | 2,0 |

| Rama | 2010 | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|------------------|-------|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Total | 280,3 | 135,8 | - | 6,3 | 33,6 | 184,4 |
| Minas y Canteras | 1,0 | 0,5 | - | 0,1 | 0,1 | 0,7 |
| Manufactura | 49,9 | 23,6 | - | 2,4 | 5,7 | 31,5 |
| Servicios | 224,7 | 110,0 | - | 3,8 | 27,4 | 149,8 |
| Comercio | 4,7 | 1,7 | - | 0,2 | 0,4 | 2,3 |

| Rama | 2011 | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|------------------|-------|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Total | 269,5 | 57,5 | - | 8,1 | 41,8 | 261,9 |
| Minas y Canteras | 7,8 | 0,3 | - | 0,1 | 0,2 | 1,3 |
| Manufactura | 62,0 | 13,0 | - | 3,0 | 7,5 | 57,7 |
| Servicios | 196,0 | 43,3 | - | 4,8 | 33,6 | 198,7 |
| Comercio | 3,7 | 1,0 | - | 0,2 | 0,6 | 4,2 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2013.

Anexo B. Producción en I+D por objetivo socio económico 2009 (millones de dólares corrientes)

| OSE | 2009 | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|--|-------|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Total | 246,7 | 99,4 | - | 5,2 | 14,2 | 166,7 |
| Exploración y explotación del medio terrestre | 14,0 | 5,6 | - | 0,3 | 0,8 | 9,5 |
| Ambiente | 14,0 | 5,6 | - | 0,3 | 0,8 | 9,5 |
| Exploración y explotación del espacio | 0,3 | 0,1 | - | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras | 4,4 | 1,8 | - | 0,1 | 0,3 | 3,0 |
| Energía | 1,8 | 0,7 | - | 0,0 | 0,1 | 1,2 |
| Producción y tecnología industrial | 68,2 | 27,5 | - | 1,4 | 3,9 | 46,1 |
| Salud | 7,6 | 3,0 | - | 0,2 | 0,4 | 5,1 |
| Agricultura | 8,5 | 3,4 | - | 0,2 | 0,5 | 5,7 |
| Educación | 2,0 | 0,8 | - | 0,0 | 0,1 | 1,3 |
| Cultura, ocio, religión y medios de comunicación | 3,3 | 1,3 | - | 0,1 | 0,2 | 2,2 |
| Sistemas políticos y sociales, estructura y procesos | 14,7 | 5,9 | - | 0,3 | 0,8 | 10,0 |
| Defensa | 4,2 | 1,7 | - | 0,1 | 0,2 | 2,8 |
| Avance general del conocimiento I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU) | 1,0 | 0,4 | - | 0,0 | 0,1 | 0,6 |
| Avance general del conocimiento I+D financiada con otras fuentes | 2,0 | 0,8 | - | 0,0 | 0,1 | 1,3 |
| I+D generado en las empresas | 100,8 | 40,6 | - | 2,1 | 5,8 | 68,1 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2013.

Anexo C. Producción en I+D por objetivo socio económico 2010 (millones de dólares corrientes)

| OSE | 2010 | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|--|-------|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Total | 280,3 | 135,8 | - | 6,3 | 33,6 | 184,4 |
| Exploración y explotación del medio terrestre | 10,3 | 5,0 | - | 0,2 | 1,2 | 6,8 |
| Ambiente | 18,5 | 8,9 | - | 0,4 | 2,2 | 12,1 |
| Exploración y explotación del espacio | 0,1 | 0,0 | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras | 9,2 | 4,4 | - | 0,2 | 1,1 | 6,0 |
| Energía | 1,3 | 0,7 | - | 0,0 | 0,2 | 0,9 |
| Producción y tecnología industrial | 78,7 | 38,2 | - | 1,8 | 9,4 | 51,8 |
| Salud | 6,7 | 3,2 | - | 0,2 | 0,8 | 4,4 |
| Agricultura | 10,1 | 4,9 | - | 0,2 | 1,2 | 6,6 |
| Educación | 3,9 | 1,9 | - | 0,1 | 0,5 | 2,5 |
| Cultura, ocio, religión y medios de comunicación | 3,8 | 1,9 | - | 0,1 | 0,5 | 2,5 |
| Sistemas políticos y sociales, estructura y procesos | 10,0 | 4,8 | - | 0,2 | 1,2 | 6,6 |
| Defensa | 2,0 | 1,0 | - | 0,0 | 0,2 | 1,3 |
| Avance general del conocimiento I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU) | 1,3 | 0,6 | - | 0,0 | 0,2 | 0,9 |
| Avance general del conocimiento I+D financiada con otras fuentes | 2,9 | 1,4 | - | 0,1 | 0,3 | 1,9 |
| I+D generado en las empresas | 121,6 | 59,0 | - | 2,8 | 14,6 | 80,0 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2013.

Anexo D. Producción en I+D por objetivo socio económico 2011 (millones de dólares corrientes)

| OSE | 2011 | - Gasto de capital en I+D | + Otros impuestos menos subsidios a la producción | + Excedente de operación neto | + Consumo de capital fijo | = producción de I+D (Cuenta Satélite) |
|--|-------|---------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Total | 269,5 | 57,5 | - | 8,1 | 41,8 | 261,9 |
| Exploración y explotación del medio terrestre | 13,6 | 2,9 | - | 0,4 | 2,1 | 13,2 |
| Ambiente | 21,0 | 4,5 | - | 0,6 | 3,3 | 20,4 |
| Exploración y explotación del espacio | 0,5 | 0,1 | - | 0,0 | 0,1 | 0,5 |
| Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras | 4,9 | 1,0 | - | 0,1 | 0,8 | 4,7 |
| Energía | 2,1 | 0,5 | - | 0,1 | 0,3 | 2,1 |
| Producción y tecnología industrial | 33,0 | 7,0 | - | 1,0 | 5,1 | 32,0 |
| Salud | 7,6 | 1,6 | - | 0,2 | 1,2 | 7,4 |
| Agricultura | 7,0 | 1,5 | - | 0,2 | 1,1 | 6,8 |
| Educación | 3,2 | 0,7 | - | 0,1 | 0,5 | 3,1 |
| Cultura, ocio, religión y medios de comunicación | 2,4 | 0,5 | - | 0,1 | 0,4 | 2,3 |
| Sistemas políticos y sociales, estructura y procesos | 11,1 | 2,4 | - | 0,3 | 1,7 | 10,7 |
| Defensa | 3,0 | 0,7 | - | 0,1 | 0,5 | 3,0 |
| Avance general del conocimiento I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU) | 1,4 | 0,3 | - | 0,0 | 0,2 | 1,4 |
| Avance general del conocimiento I+D financiada con otras fuentes | 2,2 | 0,5 | - | 0,1 | 0,3 | 2,2 |
| I+D generado en las empresas | 156,6 | 33,4 | - | 4,7 | 24,3 | 152,2 |

Fuente y Elaboración: Senescyt, 2013.