

# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ECUADOR: UN ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (2000 - 2012)

Eco. María Fernanda Loo\* Eco. Viviana Carriel\*  
mafeloo@espol.edu.ec

\*Centro de Investigaciones Económicas  
Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, FCSH  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Guayaquil □ Ecuador

## Resumen

Fecha de Recepción: 24 de Junio del 2014 – Fecha de aprobación: 6 de Diciembre del 2014

*Estudiar y comparar la Investigación y Desarrollo (I+D) en Ecuador, América Latina y El Caribe permite diagnosticar la situación y el progreso científico que han tenido estas regiones con el fin de comprender uno de los principales determinantes del desempeño de su sector productivo. Para efectuar el estudio se utilizaron datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana - (RICYT), en su mayoría, los cuales pasaron por dos tipos de análisis: uno descriptivo y uno estructural. El primero incluye variables de insumo, tales como recursos humanos y financieros, además de variables de contexto, tales como el número de graduados en las universidades e indicadores bibliométricos. El análisis estructural se vale de técnicas estadísticas y econométricas que utilizan datos de panel para determinados países de América Latina y el Caribe en el periodo de 1996 – 2012. Los resultados del modelo indican que Ecuador, en relación a los otros, se encuentra en un nivel inferior con respecto a la cantidad de investigadores. Además, Ecuador se encuentra por debajo del promedio de América Latina en lo referente al gasto en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB y este es realizado por parte del gobierno en su mayor proporción. Otro de los resultados es que el factor clave para la generación de publicaciones es determinado por el gasto en investigación y desarrollo que los países realicen así como el tamaño de la fuerza laboral.*

**Palabras Claves:** I+D, Tecnología, Datos de Panel, Publicaciones, Educación, Ciencia.

## Abstract

*By studying and comparing Research and Development (R&D) in Ecuador, Latin America and the Caribbean we can diagnose the situation and scientific progress of these regions. This allows to understand the main determinants of the performance of the productive sectors. We used data from Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología – Iberoamericana e Interamericana - (RICYT), and we undertook two types of analysis: a descriptive and a structural. The first includes input variables, such as human and financial resources, and output variables, such a measure of education and bibliometric indicators. The structural analysis uses panel data econometrics for a group of countries of Latin America and the Caribbean in the period of 1996 – 2012. The model results show that Ecuador, relative to the other two countries, has a smaller number of researchers. Ecuador is also below the average of Science and Technology spending as a percentage of the GDP in Latin America. The most important input for published articles is the national expenditure on Science and Technology and the size of labor population.*

**Keywords:** R&D, Technology, Panel Data, Publications, Education, Science.

## 1. Introducción

La Investigación y Desarrollo (I+D) es un factor importante para el progreso de los países y el fomento de los sectores productivos. Cada vez se considera de mayor importancia en la toma de decisiones no sólo por parte del sector privado sino también del sector público, sobre todo en países en vías de desarrollo. Por ello, este documento pretende aportar una herramienta que diagnostique la situación de América Latina y el Caribe dentro del ámbito de la I+D para el periodo 2000 - 2012, con especial énfasis al Ecuador.

Según datos tomados del Banco Mundial, entre el 2000 y el 2012, el gasto en I+D como porcentaje del PIB para la Unión Europea es del 1.87, y para América del Norte %es del 2.63% , mientras que el promedio mundial fue de 2.10%. Esta información es relevante al comparar entre América Latina y el Caribe, y las demás regiones, donde el gasto en I+D es realizado, en su mayoría, por los gobiernos, mientras que en América del Norte y la Unión Europea es el sector privado.

Es discutible si quien debiera invertir más es el gobierno o el sector privado. Sin embargo, es indudable que en economías en desarrollo una mayor participación del sector privado en la inversión en I+D es deseable, ya que este es un factor clave para la diversificación de los sectores productivos. Respecto al impulso de la I+D, uno de los factores más importantes es el nivel de educación superior de cada

país, puesto que a mayor cantidad de titulados en pregrado, maestría y doctorado, existirá un contingente mayor de recursos humanos especializados en I+D. Éste y otros patrones dentro del contexto de los recursos financieros y humanos, así como de los indicadores de resultado como el número de titulados y el volumen de publicaciones, son analizados en esta investigación. Los gráficos y estadísticas mostrados fueron elaborados en su mayoría a partir de datos del RICYT. Si bien este estudio está comprendido entre los años 2000 y 2010, existen países para los cuales se dispone de información hasta el 2008, por ello los datos presentados para la región son estimados.

El RICYT cuenta con indicadores generales de Ciencia y Tecnología, que se desglosan en dos categorías: Investigación y Desarrollo Experimental, y Actividades Científicas y Tecnológicas (ACT). En esta investigación, al mencionar I+D nos referimos a ambas categorías, las cuales son analizadas en la sección de análisis descriptivo. En el apartado de análisis estructural se desarrollará un modelo econométrico que contrasta los factores más relevantes que inciden en el volumen de publicaciones: el gasto en ciencia y tecnología y el número de investigadores. Con ello se intenta definir el rendimiento asociado a estos factores con respecto al volumen de publicaciones, y determinar si existen o no economías de escala en la región. Adicionalmente, se medirá la productividad del Ecuador en el volumen de publicaciones en relación a la productividad de la región.

## 2. Antecedentes

El Ecuador ha tenido un avance lento en I+D, la cual ha sido impulsada por un grupo reducido de personas e investigadores que no contaban con políticas definidas y específicas. En 1973 se creó la División de Ciencia y Tecnología, y en 1979 se creó el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de una ley expedida por el Decreto Supremo No. 381. En 1994 el sistema de investigación se reorganiza y se crea la Fundación para la Ciencia y Tecnología (FUNDACYT) que toma la figura de un organismo ejecutor independiente del estado, siendo el ente político la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT). En 1995 se elaboró el primer Programa de Ciencia y Tecnología (IPCyT), el cual fue desarrollado entre los años 1996 y 2002, siendo la FUNDACYT el ente ejecutor. Se contó con un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y aportes del Estado, dando como resultado 35 proyectos de investigación científica y tecnológica, 17 proyectos de servicios tecnológicos, innovación, inversión en infraestructura y modernización tecnológica, además del desarrollo de 150 maestrías y 60 doctorados <sup>1</sup>. Asimismo, se creó el Proyecto de Red Ecuatoriana de Información Científica y Tecnológica (REICYT) cuya finalidad se centró en el fortalecimiento de la comunicación e información facilitando el acceso a internet para los distintos entes que participaban en la creación de programas de investigación, ciencia e innovación como son las escuelas politécnicas y los centros de

investigación, dotando con 33 equipos de conectividad a universidades y centros del país <sup>2</sup>.

Entre el 2001 y 2005 se financiaron 51 proyectos de investigación, la creación del Sistema de Información Bibliográfica, y becas de postgrado dentro y fuera del país. En el 2005 se realizó una reforma a la Ley Orgánica de Responsabilidad, Estabilización y Transparencia Fiscal, la cual trataba el destino de los excedentes petroleros, con lo que se crea la Cuenta Especial de Reactivación Productiva y Social, del Desarrollo Científico – Tecnológico de la Estabilización Fiscal (CEREPS). La CEREPS asignaba el 5% de los excedentes petroleros a desarrollo científico y tecnológico, considerándose por primera vez a la I+D un instrumento importante para el desarrollo. Con estos excedentes se destinó al área de desarrollo científico y tecnológico alrededor de 8 millones en el 2005, 36 millones en el 2006 y entre 60 y 70 millones en el 2007.

En el 2007 se crea la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la SENACYT, la cual expone como ejes prioritarios el incremento de la productividad agropecuaria y agricultura sostenible mediante proyectos de investigación cuyo objetivo se centre en la seguridad alimentaria y preservación de cultivos que favorezcan a la producción, así como también el manejo ambiental para el desarrollo, ejecución de proyectos para el desarrollo de energías alternativas y renovables que se encuentra en concordancia con la Agenda Energética del Gobierno

Nacional. Además, enfatiza las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a través de la articulación de Ecuador en redes mundiales de información para facilitar soluciones ciencia-tecnológicas que contribuyan al desarrollo del país.

En el 2010 mediante la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) se crea la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) la misma que funciona como ente rector en la política pública de la educación superior así como en el campo de la ciencia, tecnología e innovación. Esta nueva secretaría se fusiona con la SENACYT mediante el Decreto Ejecutivo No 517. A partir de entonces se ha concentrado en establecer políticas de investigación científica y tecnológica creando mecanismos para que las universidades puedan llevarlas a cabo. La SENESCYT es además la encargada de manejar el programa nacional de becas del gobierno.

A nivel de la región también se destacan iniciativas para promover la I+D. Una de ellas es la cooperación multilateral con diversas instituciones, entre ellas el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El BID se destaca por su apoyo, tanto financiero como técnico, a través de programas como: "Un mundo de soluciones: Innovaciones para personas con discapacidad", "El Fondo para la Economía del Conocimiento -KEF", "TICs para la inclusión (Ecuador)", "Programa de Empresariado Social", entre otros. Otra importante fuente de cooperación es la Unión Europea, con la cual se han firmado convenios para

potenciar y promover la innovación y la tecnología enfocada hacia el desarrollo sostenible de nuestra región.

A nivel local también se cuenta con el desarrollo de sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación que buscan facilitar los nexos entre las instituciones públicas, las universidades y empresas. A su vez estos sistemas nacionales buscan facilitar el acceso a recursos financieros mediante la creación de fondos públicos orientados a ser invertidos en esta área. Es destacable la creación de centros de investigación y parques tecnológicos que promuevan el desarrollo de conocimiento como factor clave para potenciar el desarrollo económico de los países y la región.

### 3. Revisión Bibliográfica

Uno de los temas en los que más se abordado en la literatura económica es la generación de conocimiento como una herramienta para lograr desarrollo económico sostenible. Las primeras investigaciones llevadas a cabo en los años 50 por Robert Solow, arrojan evidencia de que el 90% del crecimiento económico de los Estados Unidos durante la primera mitad del siglo eran atribuibles al cambio tecnológico y sólo el 10% a incrementos en capital (FUENTE). De esta manera, el cambio tecnológico (entendido como la implementación de mecanismos más eficientes en los procesos productivos y de innovación) es un proceso generador de conocimientos que, al difundirse a más actores dentro de la economía, generan mejores oportunidades

de desarrollo. Las capacidades de los países e instituciones para generar conocimientos se define por la producción científica como, por ejemplo, el volumen de publicaciones científicas. Este indicador permite evaluar la dinámica y la trayectoria de la investigación de una región o país; y dado que existe una correlación positiva entre investigación y desarrollo económico social<sup>3</sup>, es relevante estudiar los factores que ayudan al desarrollo de la investigación como mecanismo de desarrollo económico sostenible.

Como aporte empírico a la relación entre publicaciones científicas y desarrollo económico se tiene un estudio desarrollado por la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR). En dicho estudio se incorpora el volumen de normas y patentes (generación de conocimientos) como un factor productivo adicional a los clásicamente empleados (capital y mano de obra). Mediante una función de producción Cobb-Douglas se analiza su impacto en la productividad del trabajo y el crecimiento económico de Francia. De este estudio se desprende que el proceso normativo aportó en un 23.8% al crecimiento económico entre 1950 y 2007. A su vez, en este estudio se comparan resultados obtenidos en otros países, siendo el aporte del proceso normativo al crecimiento económico en Alemania del 27.3% entre 1961 y 1990, Reino Unido 11.0% entre 1948 y 2001, Canadá del 9.0% durante 1981 y 2004 y en Australia del 21.8% entre 1962 y 2004.<sup>4</sup>

Con estos antecedentes lo que se plantea en este documento es i) determinar la eficiencia relativa de los países en la generación de conocimiento, e ii) investigar los determinantes de la generación de conocimiento. Esto a través del volumen de publicaciones científicas.

Respecto a los determinantes del volumen de publicaciones científicas, Suárez y Terán (2008) realizan un análisis en datos de panel para algunos países de América e identifican, como determinantes del volumen de publicaciones indexadas, a variables de insumo como el gasto en I+D y número de graduados; y variables de contexto como la Población Económicamente Activa (PEA) y el PIB. Estas variables resultaron significativas al 10%, a excepción del número de graduados. Del análisis se desprende que tanto el gasto en I+D como la PEA tienen una relación negativa con el volumen de publicaciones indexadas, mientras que el PIB tiene un efecto positivo. Estos resultados parecen incongruentes pero quizás se deba a que los países analizados poseen estructuras económicas muy diferentes, como sería el caso de Estados Unidos y Ecuador.

Lissoni et al (2010) examinan los determinantes del número de artículos en revistas científicas con factor de impacto. Se analizan 3600 físicos franceses e italianos mediante factores inherentes al individuo como la edad, el género y la productividad pasado. Se concluyó que dichos factores influyen en la productividad actual y la promoción de los investigadores.

Agrawal y Cockburn (2002) realizan un análisis de la publicaciones científicas como indicador de investigación universitaria e I+D en la industria, y determinan que la existencia de empresas intensivas en I+D mejora la productividad de los sistemas locales de innovación, mejorando las probabilidades de que los conocimientos generados por las universidades sean implementados.

#### 4. Materiales y Métodos

En esta sección se realiza un análisis de los diferentes indicadores relacionados con I+D; el análisis es evolutivo para Ecuador y comparativo con respecto a América Latina; por ello éste último se realiza en función del promedio de los años del periodo de estudio.

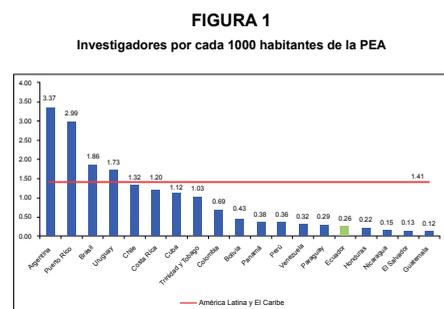
##### 4.1. Indicadores de Insumo

Dentro de los indicadores de insumo se tienen dos subcategorías: los recursos humanos y financieros. Los recursos humanos comprenden los investigadores y el personal ocupado que no labora a tiempo completo. Los recursos financieros comprenden el gasto que se realiza tanto en I+D como en ciencia y tecnología. A continuación se realiza el análisis de estos componentes.

##### a. Recursos Humanos

Dentro de los recursos necesarios para el desarrollo de la investigación se encuentran los recursos humanos,

es decir, los investigadores. En la Figura 1 se tiene el número de investigadores promedio por cada 1000 habitantes de la Población Económicamente Activa (PEA).

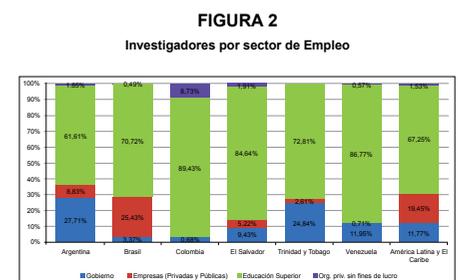


Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

Para América Latina y el Caribe los países con mayor número de investigadores son Argentina, Puerto Rico, Brasil y Uruguay. El promedio para la región es de 1.41 mientras que para Ecuador es de 0.26, con una tasa de crecimiento promedio durante el periodo de estudio del 4.13% y 15.72% respectivamente. Si se considera el sector de empleo de los investigadores, se observa que, en la región, la mayoría labora en instituciones de educación superior (67.25%), seguido de empresas (19.45%) y gobierno (11.77%). Sin embargo, no se dispone de datos para algunos países, entre ellos Ecuador.

Si se analizan las variaciones de cada sector de empleo para la región, se encuentra que en las organizaciones sin fines de lucro y el gobierno no ha existido una variación significativa en el número de investigadores empleados, mientras que en las empresas la variación ha

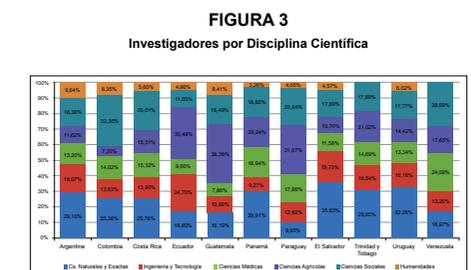
sido del - 4.7%. Es decir, al inicio del periodo las empresas empleaban más investigadores que hacia el final del periodo. El gobierno, como sector de empleo de investigadores, posee un peso considerable en países como Argentina y Trinidad y Tobago mientras que las empresas son un sector relevante en el empleo de investigadores en Brasil (25.49%). En Colombia las organizaciones privadas sin fines de lucro emplean el 8.73% de los investigadores, esta cifra es más elevada que en los demás países de la región (Figura 2). También se evidencia que en Colombia, tanto las empresas como el gobierno apenas emplearon en promedio al 1% de los investigadores durante el periodo de estudio.



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

Un aspecto relevante en I+D es determinar la distribución de las disciplinas científicas entre los investigadores. Con base en esto, un determinado sector tendría mayores posibilidades de desarrollo a largo plazo. En la Figura 3 se recogen estas estadísticas, que no incluyen a América Latina y El Caribe como una categoría adicional pues no se cuenta con cifras estimadas. Las disciplinas científicas que ocupan

un mayor número de investigadores son las ciencias naturales y exactas, las ciencias agrícolas y las ciencias sociales. Para Ecuador las disciplinas más representativas son las ciencias agrícolas (33.49%), y la ingeniería y tecnología (24.70%), siendo estas cifras más altas en relación a los demás países. La tasa de variación promedio del número de investigadores en estas disciplinas para Ecuador fue de -9.16% en ciencias agrícolas, y de 6.13% en ingeniería y tecnología. En ciencias médicas, Venezuela emplea en promedio el 24.09% de los investigadores, esta cifra es mayor que en otros países de la región. Por otro lado, las humanidades es la disciplina con menos investigadores, en Argentina representa el 9.64% mientras que en Guatemala y Colombia representa el 8.41% y 8.35% respectivamente.



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

Respecto al tipo de formación académica de los investigadores, Argentina, Ecuador, Guatemala, Paraguay, El Salvador y Uruguay, entre el 44% y 66% de los investigadores poseen formación de tercer nivel (licenciatura o equivalente). En Chile y Venezuela entre el 93% y 95% de los

investigadores poseen formación de cuarto nivel (maestrías y doctorados). En Costa Rica, Guatemala, Uruguay y Paraguay existen investigadores que poseen formación terciaria no universitaria, 10%, 22.02%, 8.42%, 3.93%, respectivamente. Entre los países analizados solo en el 30% se emplean investigadores con este tipo de formación.

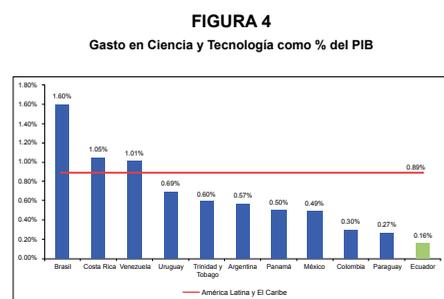
Para el Ecuador el porcentaje de los investigadores con doctorado es del 8.58%, esta cifra es la segunda más baja en relación al resto de países. Si se analizan las tasas de variación promedio durante el periodo de estudio para Ecuador, se tiene que la proporción de investigadores con doctorado ha disminuido en un 4.81%, la proporción de investigadores con maestría ha aumentado en un 5.40% y la proporción de investigadores con licenciatura o equivalente ha disminuido en un 1.51%.

## b. Recursos Financieros

En esta sección se analiza el gasto total en ciencia y tecnología por investigador, tipo de investigación, sector de ejecución, sector de financiamiento, entre otros. Estos indicadores están ajustados por la paridad del poder de compra (PPC), lo que hace posible la comparación entre países.

Respecto al gasto en ciencia y tecnología, el promedio de la región en relación al PIB fue de 0.89% durante el periodo de estudio. Brasil, Costa Rica y Venezuela se destacan por un gasto promedio mayor que el de la región, como

se observa en la Figura 4. Durante el periodo de estudio la variación promedio que experimentó la región en dicho gasto fue del 6.51% mientras que la variación para Ecuador fue del 24.18%.



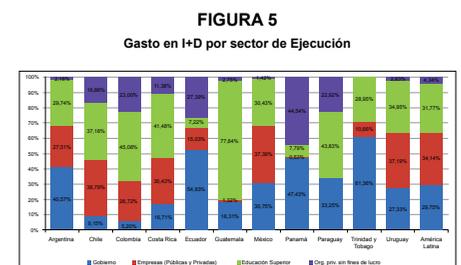
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

Si se realiza este análisis por habitante se tiene que el promedio de la región en gasto en Ciencia y Tecnología per cápita fue de \$130.42 mientras que el de Ecuador fue de \$23.43, con variaciones promedio de 7.10% y 24.56%. Brasil y Costa Rica mostraron un gasto promedio per cápita de \$219.62 y \$166.29 respectivamente.

Respecto al gasto en I+D por investigador, el promedio de la región fue de \$216.32 mientras que para Ecuador fue de \$197.80, con variaciones promedio de 1.41% y 12.29% respectivamente. Los países que se destacan por un mayor gasto en I+D por investigador son Panamá, Chile y Brasil con cifras entre \$264 y \$381.

En lo que respecta al tipo de investigación los indicadores del RICYT están clasificados en tres categorías: Investigación Básica, Investigación Aplicada y Desarrollo Experimental<sup>5</sup>. La investigación

abarca trabajos científicos con el fin de obtener nuevos conocimientos basados en fenómenos o hechos sin darles alguna aplicación específica, a diferencia de la Investigación Aplicada que se basa en la aplicación específica de trabajos originales. Mientras que el Desarrollo Experimental trata de trabajos sistemáticos orientados a la producción de nuevos productos o materiales, establecimientos de procesos o servicios, o la mejora de los ya existentes. Para este indicador no se cuenta información para algunos países así como tampoco para la región. En el Apéndice, Figura 10 se observa que para la mayoría de países (incluido Ecuador) la Investigación Aplicada concentra la mayor proporción del gasto en I+D, entre el 35% y 81%. En Bolivia la Investigación Básica capta el 53.61% del gasto en I+D mientras que en Cuba el Desarrollo Experimental capta el 40%. Otros indicadores a destacar son los que analizan el gasto en I+D según el sector de ejecución y financiamiento. Por sector de ejecución se comprende a aquellos sectores que llevan a cabo los proyectos independientes de las fuentes de financiamiento, mientras que el sector de financiamiento es aquel que inyecta el dinero necesario para realizar el proyecto, indistintamente de quien lo ejecute.



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

El indicador de gasto en I+D por sector de ejecución (Figura 5) muestra que para la región los tres sectores más importantes (Gobierno, Empresas y Educación Superior) presentan un gasto en I+D similar (alrededor del 31%). Sin embargo, al realizar el análisis individual puede notarse que en países como Trinidad y Tobago, Ecuador, Panamá y Argentina, el Gobierno es el sector con mayor proporción de Gasto en I+D (40.57% - 61.36%). Las empresas poseen una proporción importante del gasto en I+D en países como México, Uruguay y Chile, alrededor del 37%.

El gasto en I+D realizado por las instituciones de Educación Superior es representativo en Guatemala, Colombia y Paraguay, entre el 43% y 77%. Otro sector que se considera en este indicador es el de las organizaciones sin fines de lucro. Este sector a nivel de América Latina presenta un gasto en I+D del 4.34%. Sin embargo, en Panamá, Ecuador y Colombia este gasto alcanza el 44.54%, 27.39% y 23% respectivamente.

El gasto en I+D por sector de financiamiento contiene, además de las categorías vistas por sector de ejecución, la categoría Extranjero. Al analizar el gasto en esta forma se evidencia que las instituciones de educación superior apenas financian el 3.46% del gasto en I+D en la región, mientras que el gobierno y las empresas lo financian en un 53.63% y 41.42%. Aunque el extranjero financia alrededor del 1% de la I+D en la región, en Panamá y Guatemala es un sector de financiamiento muy

importante pues sobrepasa el 47.87% del financiamiento total (Apéndice: Figura 11).

En Brasil, Uruguay y México las empresas financian entre el 39% y 45% del gasto en I+D, mientras que en Argentina, El Salvador, y Cuba el gobierno financia más del 60% del gasto. Las tasas de variación promedio para la región durante el periodo de estudio fueron de -1.27% para el gobierno, 1.68% para empresas, 1.21% educación superior, -6.07% organizaciones sin fines de lucro y -0.6% extranjero.

Ecuador merece especial consideración debido a que sólo se cuenta con información de los años 2006 al 2008. Por ello no se lo incluye en la Figura 11 sino que se muestra la información para esos años en el Cuadro 1. Se observa que en los tres años para los que se dispone de información, hubo un aumento promedio del 11.41% en el financiamiento de la I+D por parte del gobierno.

CUADRO 1

Gasto en I+D por sector de Financiamiento, Ecuador

Sector	2006	2007	2008	% Variación	
				Ecuador	AL y EC
Gobierno	72.15%	61.97%	89.55%	11.41%	2.52%
Empresar (Púb. y Priv.)	18.17%	22.98%	8.53%	-31.48%	-3.77%
Educación Superior	4.15%	4.12%	1.42%	-41.49%	-4.33%
Org. sin fines de lucro	1.21%	3.49%	0.00%	-1.00%	-1.45%
Extranjero	4.33%	7.45%	0.50%	-66.08%	-4.52%

Fuente: Elaborado por CIEC en base a las estadísticas del RICYT.

En el 2008 el gobierno pasó a financiar casi el 90% del gasto en I+D mientras que los otros sectores vieron reducida su participación, siendo nula en el caso de las organizaciones sin fines de lucro. Para que la comparación

sea posible se calcularon las tasas de variación para Ecuador y la región durante los tres años. Se aprecia que en los sectores empresas, organizaciones sin fines de lucro y extranjero, la disminución en el financiamiento del gasto en I+D fue mucho mayor que el experimentado por la región. Inclusive se observa que el financiamiento realizado por las instituciones de educación superior disminuyó mientras que en la región aumentó.

En el Apéndice también se muestran otras estadísticas para Ecuador como la inversión en I+D por disciplina científica y objetivo socioeconómico. No se ha realizado un análisis de las mismas debido a que no se pueden comparar con otros países ni durante el periodo de estudio debido a que no se disponía de información. Dado que estas estadísticas pueden contribuir a formar un mejor criterio del contexto en el cual se ubica el país en I+D, se optó por mostrar el año más reciente para el cual se dispone de información, en este caso el 2008.

Para finalizar el análisis de los indicadores de insumo se realizó un gráfico de burbuja (Apéndice, Figura 14) poniendo a los investigadores en el eje de las x mientras que en el eje de las y, se tiene el gasto en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB, se observa a simple vista la existencia de una correlación positiva entre estas variables y existe una relación de proporcionalidad que se evidencia puesto que los datos se encuentran casi sobre la línea de 45°, el tamaño de la burbuja se refiere al tamaño de la población en millones de personas.

## 4.2. Indicadores de Resultado

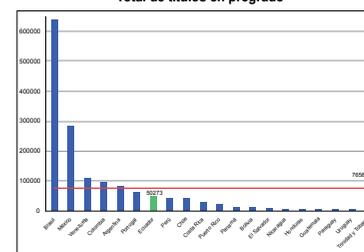
En esta sección se analizan los resultados de las actividades de I+D, entre los que se encuentran indicadores de educación superior e indicadores bibliométricos. Respecto a la educación superior, se analiza por el número de titulados en pregrado, maestría y doctorado. Sin embargo, la mayoría de países y en especial Ecuador, no cuentan con suficiente información para realizar un análisis de tendencia o evolución, por lo que en esta sección se realiza el análisis con los años disponibles. Con respecto a los indicadores bibliométricos, estos se basan en el volumen de publicaciones científicas y su relación con factores como gasto en I+D y la cantidad de investigadores.

### 4.2.1. Educación Superior

En Ecuador se tiene 50,273 títulos en pregrado otorgados en promedio para el periodo del 2006-2008, de acuerdo a la información que se encuentra disponible. El promedio para América Latina para el periodo del 2000-2010 es 76,582.

FIGURA 6

Total de títulos en pregrado



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

Analizando los títulos otorgados por área de conocimiento (Apéndice, Figura 15) se observa para Ecuador

(2006-2008) que en mayor porcentaje corresponden a ciencias sociales representando alrededor del 38%, seguido de ingeniería y tecnología con el 12.3%, ciencias médicas con 9.1% y ciencias naturales y exactas con el 1.6%. En Colombia hay un mayor porcentaje de títulos de pregrado en Ingeniería y Tecnología comparado con otros países.

De la misma manera, para los títulos de maestría se tiene 3,935 títulos emitidos para el periodo 2006-2008, mientras que para América Latina y el Caribe en promedio existe 83,082 títulos. En Ecuador no existen suficientes datos para realizar un análisis más profundo, sin embargo, se observa que la tasa de variación en este indicador ha sido del 13%, lo cual muestra un crecimiento en los títulos de maestría otorgados. Los países que registran mayor número de títulos otorgados de maestría se tiene Brasil con 29,706, seguido de Puerto Rico y Perú con 5,798 y 4,529 respectivamente.

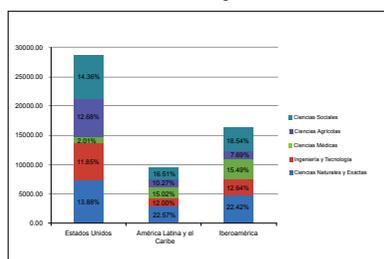
Si se consideran las áreas del conocimiento dentro de las cuales se otorgan títulos de maestría, se observa el mismo comportamiento que con los títulos de pregrado. Para Ecuador el 57.6% se destina a ciencias sociales y 8.8% a las áreas de ingeniería y tecnología. Este comportamiento se refleja en el promedio de América Latina, donde se observa un mayor porcentaje de maestrías realizadas en áreas de ciencias sociales con alrededor de 41.7%, seguido de ingeniería y tecnología con 11.6%. Además, Brasil mantiene un porcentaje equilibrado

de títulos destinados por área del conocimiento, donde se otorga aproximadamente un 16% en ciencias Sociales, 14% en ciencias Médicas y 13% en ingeniería y tecnología.

De acuerdo a los registros de títulos de doctorados para el 2008 (Figura 7) se observa que la mayor cantidad de títulos lo registra Brasil con 10,711, seguido de México con 3,498, mientras que Ecuador para ese mismo año registra 53 títulos. En América Latina y el Caribe, el 22% de los títulos de doctorado van destinados a ciencias naturales y exactas, seguido por 16% de ciencias sociales y 15% de ciencias médicas. Por tanto, se evidencia una gran diferencia con respecto al porcentaje promedio de títulos de maestrías otorgados por área, ya que en ese indicador el mayor rubro lo tienen las ciencias sociales.

FIGURA 7

Total de doctorados otorgados en el 2008



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

#### 4.2.2. Indicadores Bibliométricos

Las publicaciones que realiza cada país se miden mediante la cantidad de documentos publicados en bases de datos reconocidas internacionalmente. Las que se han tomado como referencia para obtener el número de publicaciones

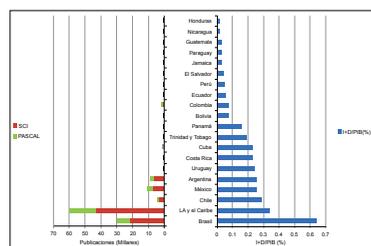
de cada país son las bases de datos de PASCAL y SCI.

La base de datos PASCAL<sup>5</sup> corresponde al número de publicaciones científicas de nivel internacional producida por el Institut de l'Information Scientifique et Technique que abarca temas de ciencia, tecnología y medicina. En la actualidad abarca alrededor de 17 millones de archivos. Las publicaciones de Science Citation Index (SCI) corresponden a las distintas publicaciones registradas en el Institute for Scientific Information, considerada como la base de mayor utilización para trabajos en el área de bibliometría. Se encarga de recopilar las contribuciones tanto de artículos, editoriales, cartas, correspondientes a publicaciones de revistas de ciencia de la vida, medio ambiente, tecnología y medicina, contando con alrededor de 6100 revistas.

Si se realiza un análisis entre el gasto que va dirigido para I+D como porcentaje del PIB y las publicaciones de cada país (PASCAL Y SCI) se observa que la mayoría de los países que realizan más gasto en investigación y desarrollo obtienen mayores publicaciones (Figura 8).

FIGURA 8

Publicaciones de I+D



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

Respecto a América Latina, que mantiene un gasto en I+D del 0.33% del PIB, se registra un promedio de 60,449 publicaciones por año. En Ecuador se invierte alrededor del 0.05% del PIB, obteniendo en promedio 341 publicaciones, mientras que países que mantienen un porcentaje mucho mayor el 0.28% para Chile, 0.23% Cuba y 8% Colombia, se registran publicaciones anuales de 4,882, 1,113 y 1,940 respectivamente. Al realizar una comparación entre estos países se observa que aunque Cuba y Colombia mantienen diferencias considerables en el gasto en I+D, no muestran mayor diferencia en el volumen de publicaciones, por lo que se concluye que no solo el gasto en inversión y desarrollo es un factor importante para la cantidad de publicaciones.

Para contabilizar las publicaciones totales de cada país no sólo se toma en cuenta las bases de datos PASCAL y SCI, sino también las publicaciones realizadas en otras bases de datos como INSPEC, COMPENDEX, Chemical Abstracts, BA, MEDLINE, CAB Internacional, ICYT, IME, PERIÓDICA, CLASE y LILACS.

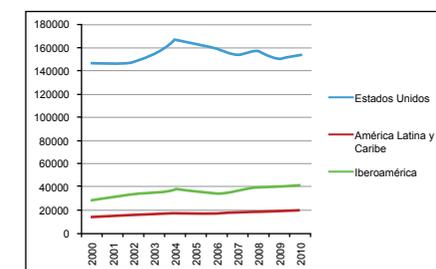
Respecto a las publicaciones por año que se realizan en cada país, para América Latina se observa una ligera tendencia de crecimiento (4%) con alrededor de 20,058 publicaciones para el 2010. Aunque por otro lado, Estados Unidos ha mantenido un total de 154,708 publicaciones en promedio durante el periodo de estudio (Figura 9). Se infiere entonces que la cantidad elevada de publicaciones registrada en Estados

Unidos se debe a la concentración de universidades de excelencia que existen en este país, por lo que cuentan con mayor cantidad de investigadores y académicos capacitados para empezar y dirigir proyectos de investigación.

Específicamente, Ecuador registra en promedio 646 publicaciones por año, mientras que Venezuela, Colombia y Perú registran 5,320, 6,276 y 1,897 publicaciones, respectivamente (Apéndice, Figura 19). Si se analiza la cantidad de publicaciones anuales por cada 100 investigadores, Chile alcanza con un promedio de 110 publicaciones, seguido de Panamá con 106 y Costa Rica con 72. Estos indicadores son tomados en relación a los investigadores a jornada completa (EJC), es decir, que dedican tiempo completo a actividades de investigación y desarrollo (Apéndice, Figura 20).

FIGURA 9

Publicaciones por año



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

#### c. Análisis Empírico

En este apartado se determinan los factores que influyen en la generación de publicaciones científicas en América Latina y el Caribe. Para

ello se construirá un modelo econométrico que explica que incluya tanto variables macroeconómicas como microeconómicas. Se intentó realizar este análisis para otros indicadores de resultado, pero debido a la falta de información histórica sólo se pudo realizar con el número de publicaciones científicas. Es así que se propone la producción de publicaciones por país como una función del gasto en ciencia y tecnología (corregido por PPC) y el número de investigadores. Los investigadores son el factor humano mientras que el gasto en ciencia y tecnología es un proxy de la inversión. De acuerdo a la disciplina científica se requieren distintos montos de inversión, sin embargo, debido a la falta de información no se pudo trabajar con la variable de gasto desagregada por disciplina científica.

La técnica de datos de panel es ampliamente utilizada para realizar un análisis que no sólo capte las variaciones entre individuos (corte transversal), sino que también dichos individuos sean monitoreados a través del tiempo (variación temporal). Uno de los objetivos de utilizar datos de panel es la de capturar la heterogeneidad no observable. De allí que se realiza un análisis dinámico al incorporar mayor cantidad de datos, aumentando los grados de libertad y reduciendo la colinealidad. La especificación general del modelo se detalla de la siguiente manera,

$$y_{it} = \varphi + \alpha_i + \beta_1 x1_{it} + \beta_2 x2_{it} + \dots + \beta_k xk_{it} + \mu_{it}$$

(1)

Donde  $y_{it}$  es la variable dependiente,  $\alpha_i$  recoge los efectos no observables (cultura, ideologías, etc.) específicos de cada país,  $x1_{it}$ ,  $x2_{it}$ ,  $xk_{it}$  son las variables explicativas y  $\mu_{it}$  es el término de error. El estimador de efectos fijos supone que existe correlación entre el término de efectos no observables y las variables explicativas, mientras que el estimador de efectos aleatorios asume que esta correlación no existe.

Dado que se cuenta con más años que países se emplea el estimador de efectos fijos debido a que: 1) al existir pocos países (n) los estimadores de efectos aleatorios estarían sesgados, y 2) expertos consideran que el supuesto de la existencia de correlación entre el término  $\alpha_i$  y las variables explicativas es más acertado. En la especificación del modelo (Ecuación 1) también se incorporan efectos polinómicos (las variables explicativas al cuadrado) y efectos cruzados.

El modelo usa las variables relacionadas con I+D para Argentina, Barbados, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela. Para este análisis se consideran más años que en el análisis descriptivo (desde 1996) para mejorar las estimaciones.

Los datos utilizados se obtuvieron de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana y del Banco Mundial. Los datos se disponen como un

panel, es decir, t observaciones para n individuos. Este panel no es balanceado debido a que existen años en los que no se dispone de información para algunas variables explicativas, sin embargo, asumimos que esta falta de información es aleatoria y no implica mayores afectaciones a la estimación.

Reemplazando con las variables el modelo especificado se obtiene la siguiente ecuación:

$$Pub_{it} = \varphi + \beta_1 Gast_{it} + \beta_2 Gast_{it}^2 + \beta_3 Inv_{it} + \beta_4 Inv_{it}^2 + \beta_5 GastInv_{it} + \beta_6 PEA_{it}$$

Donde  $i$  representa el país y  $t$  el año;  $Pub_{it}$  es el número de publicaciones científicas proporcionadas por SCImago Journal;  $Gast_{it}$  es el gasto en ciencia y tecnología (ajustado por PPC), es decir, el gasto destinado a mano de obra e infraestructura de I+D;  $Inv_{it}$  es el número de investigadores;  $GastInv_{it}$  es el efecto cruzado (gasto por investigadores); PEA: es la Población Económicamente Activa, es decir el número de personas que está en capacidad de trabajar y desean hacerlo; y,  $PIB_{it}$  es el Producto Interno Bruto per cápita ajustado por PPC.

El término  $\alpha_i$  desaparece debido a que fue agregado al término de error. Para corregir heterocedasticidad que se podría causar por el hecho de que la variable de gasto en ciencia y tecnología no está desagregada por disciplina científica se corrige el error estándar (estimación robusta).

Los resultados de las estimaciones se presentan en la siguiente tabla:

Publicaciones	Coficiente	Std. Err	P>t
$Gast_{it}$	0.414	0.106	0.000
$Inv_{it}$	0.034	0.035	0.338
$Gast_{it}^2$	0.000	0.000	0.000
$Inv_{it}^2$	0.000	0.000	0.000
$GastInv_{it}$	0.000	0.000	0.000
$PEA_{it}$	0.001	0.001	0.000
Constante	-7295.658	883.761	0.000

R<sup>2</sup>: 0.97

Número de grupo: 13

El signo positivo en el coeficiente de la variable del número de investigadores indica que a medida que se aumenten este factor se va a traducir en aumentos en el número de publicaciones. Sin embargo, su efecto cuadrático es negativo y significativo, lo cual implica que este factor presenta rendimientos decrecientes, es decir, el aumento en el número de investigadores también aumenta las publicaciones pero no en la misma cuantía ya que este aumento irá disminuyendo. El gasto en I+D también tiene una relación positiva con rendimientos decrecientes para la generación de publicaciones, sin embargo, esta no resulta significativa.

El término de interacción indica que se incrementa el número de publicaciones si aumenta el número de investigadores y la cantidad de inversión en I+D a la vez, es decir, que las dos aumentan al mismo tiempo. Mientras que el tamaño del mercado laboral aporta también al crecimiento de las publicaciones, esto se traduciría a que los países que tengan mayor PEA, se inclina más

a la generación de conocimientos ya que cuenta con gente más capacitada.

## 5. Conclusiones

Al realizar un análisis exhaustivo sobre la I+D en América Latina, se concluye que Ecuador, en relación a los otros, se encuentra en un nivel inferior en la cantidad de investigadores, con alrededor de 0.26 por cada 1000 habitantes mientras que el promedio de la región es de 1.14. Asimismo se observa que los investigadores, en un gran porcentaje, trabajan en instituciones de educación superior en la mayoría de los países de estudio. En Ecuador las áreas de más interés para la investigación son las de agricultura, ingeniería y tecnología, donde los profesionales, en alto porcentaje, tiene formación de tercer nivel. Esto es un factor importante puesto que los investigadores con mayores niveles de educación pueden generar fuentes de conocimiento más profundas y especializadas en el campo que se desee desarrollar. Sin embargo, en Ecuador sólo el 9% de los investigadores posee doctorado, el cual es el segundo porcentaje más bajo en América Latina.

Al tomar en consideración los indicadores de gasto, se observa que Ecuador se encuentra por debajo del promedio de América Latina respecto al gasto en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB. En Ecuador se registra el 0.16% mientras que en la región es de 0.89%. Asimismo, Ecuador realiza un gasto per cápita por investigador

de \$23,43, en contraste con Brasil y Costa Rica que gastan \$219,62 y \$166,29 respectivamente. El gasto en I+D es de \$197,80 para Ecuador mientras que para la región se ubica en \$216,32, la mayor proporción de este gasto es realizada por parte del gobierno con aproximadamente 54%, seguido de organizaciones sin fines de lucro con 27%. En el 2008 el gobierno pasa a financiar el 90% de los gastos en I+D mientras que el gasto extranjero se reduce a 0.5%.

Sin embargo, a pesar de que el Ecuador exhibe niveles bajos en estos indicadores, al comparar las variaciones del periodo de estudio se observa que Ecuador ha venido experimentando tasas de crecimiento superiores a las de la región en gran parte de estos indicadores. En educación superior no se tienen suficientes datos pero concluye que en Ecuador se otorga en promedio 50,273, que en su gran porcentaje pertenecen a áreas relacionadas con ciencias sociales. De manera similar sucede con los títulos de maestría que en promedio son de 3,935 para los años 2006-2008. En contraste, las áreas de conocimiento para los títulos de doctorado que se otorgan corresponden en mayor porcentaje a ciencias naturales y exactas, lo que representa una gran diferencia con los demás países de la región, puesto que estos tienen mayores títulos de áreas correspondientes a Ciencias Sociales.

Asimismo, dentro de las líneas de investigación es de vital importancia la cantidad de publicaciones que se realizan a nivel internacional, y

así inferir los componentes que influyen a que un país obtenga mayores publicaciones. En este aspecto Ecuador registra en promedio de 646 publicaciones por año, en comparación con países como Colombia y Venezuela que están alrededor de 5,000 a 6,000 publicaciones. Lo que indica que países relativamente competitivos y con similares economías publican una mayor cantidad de artículos que nuestro país.

También se realizó un análisis para determinar los factores que influyen en el volumen de publicaciones. Para ello se considera el número de investigadores y el gasto en ciencia y tecnología como porcentaje del PIB. Mediante el estimador de efectos fijos se determina que el número de investigadores influye positivamente en el número de publicaciones, no así el gasto en ciencia y tecnología. Con el modelo se concluye que para la generación de publicaciones en determinados países de América Latina y El Caribe, el principal factor a considerar es el gasto en I+D de cualquier tipo de fuente, ya sea de origen público, privado o académico, aunque este factor presenta rendimientos decrecientes. Sin embargo, si viene acompañado con incrementos en el número de investigadores, va a aumentar el número de publicaciones, así como el tamaño del mercado de laboral de los países.

## 6. Referencias

[1] Agrawal Ajay y Cockburn Iain: University Research, Industrial R&D, and the Anchor Tenant Hypothesis,

National Bureau of Economic Research, Working Paper 9212

[2] Botella, Carlos et. all: Innovación para el desarrollo en América Latina: Una aproximación desde la cooperación internacional, Fundación Carolina, Serie de Avances de Investigación No. 78, 2012.

[3] Gonz´alez, Lucas: Impacto regional de los procesos de descentralización fiscal: desarrollo y equidad en América Latina, Fundación Carolina, Serie de Avances de Investigación No. 68, 2012.

[4] Larrea, Carlos: Universidad, investigación científica y desarrollo en América Latina y el Ecuador, Ponencia presentada ante el Congreso “Universidad y Cooperación para el Desarrollo”, en la Universidad Complutense de Madrid, 2006.

[5] Lissoni, Francesco et. all: Scientific Productivity and Academic Promotion: A study on French and Italian Physicists, National Bureau of Economic Research, Working Paper 16341

[6] Lemarchand, Guillero: Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2010

[7] Novales, Alfonso: Econometría, McGraw-Hill, Segunda Edición, 1993.

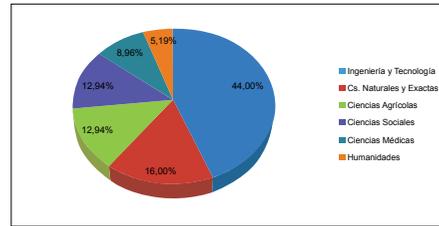
[8] Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2005.

[9] Suarez, Angie., et all: Medidas y políticas gubernamentales para promover la investigación y el desarrollo tecnológico en el Ecuador, 2008.

[10] Wooldridge, Jeffrey: Introducción a la econometría: un enfoque moderno, Thomson, 2da Edición.

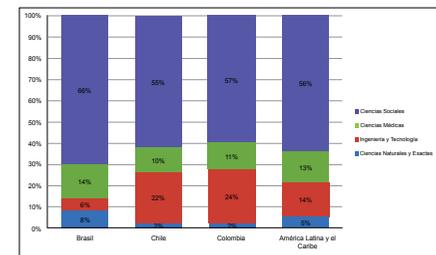
## 7. Apéndice

**FIGURA 12**  
Inversión en I+D por Disciplina Científica, Ecuador 2008



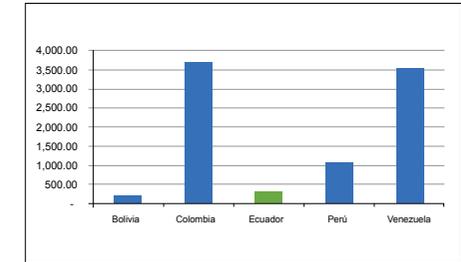
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 16**  
Total de doctorados otorgados en el 2008



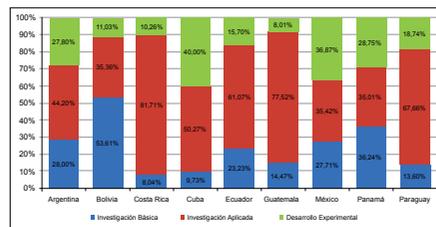
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 19**  
Publicaciones anuales CAN + Venezuela



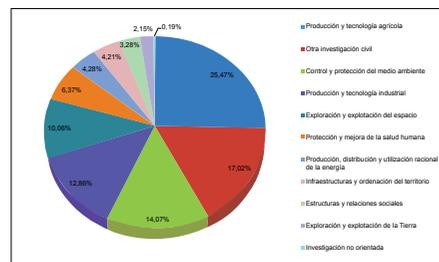
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 10**  
Gasto en I+D por tipo de Investigación



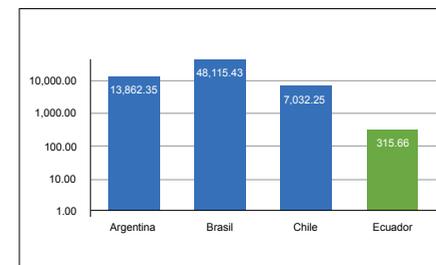
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 13**  
Gasto en I+D por Objetivo Socioeconómico, Ecuador 2008



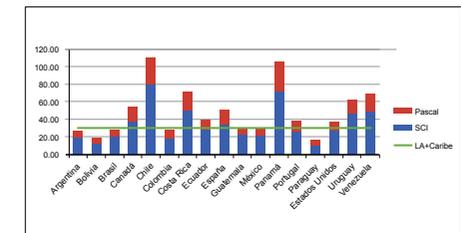
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 17**  
Publicaciones anuales



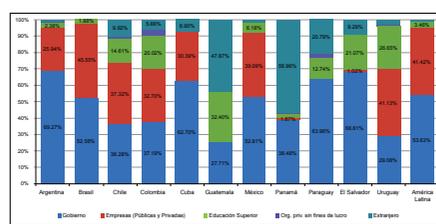
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 20**  
Publicaciones anuales por cada 100 investigadores (EJC)



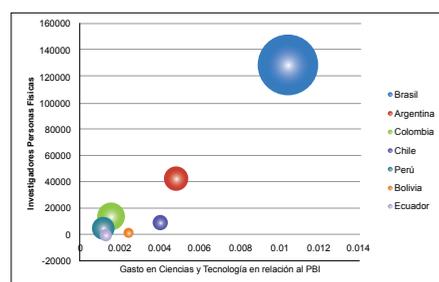
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 11**  
Gasto en I+D por sector de Financiamento



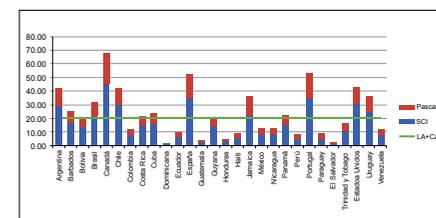
Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 15**  
Títulos de pregrado otorgados según área de conocimiento



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.

**FIGURA 18**  
Publicaciones en relación al PIB



Fuente: Elaborado por las autoras en base a las estadísticas del RICYT.