

**Educación Superior en Iberoamérica
Informe 2010**

El rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico

Educación superior en Iberoamérica
Informe 2010

Bernabé Santelices | *editor • coordinador*



Secretaría General
Iberoamericana
Secretaria-Geral
Ibero-Americana

uni>ersia
red de universidades, red de oportunidades



EL ROL DE LAS UNIVERSIDADES EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
EDUCACIÓN SUPERIOR EN IBEROAMÉRICA – INFORME 2010
Primera edición: mayo de 2010

© Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA) - Universia, 2010

Santa Magdalena 75, piso 11
Providencia, Santiago - Chile
Teléfono: (56-2) 234-1128
Fax: (56-2) 234-1117

Edición, composición e impresión:

RIL® editores
Alfárez Real 1464
750-0960 Providencia
Santiago de Chile
Tel. (56-2) 2238100 • Fax 2254269
ril@rileditores.com • www.rileditores.com

Impreso en Chile • *Printed in Chile*

ISBN 978-956-7106-55-4

Derechos reservados.

Índice

Presentación	13
Prólogo	15
Caracterización del Informe CINDA 2010 sobre el rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico de Iberoamérica	15
Objetivos del informe	16
Métodos usados.	16
Autores del informe, de los trabajos y de los informes nacionales.	18
<i>Desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica en la década 1998-2007 y el rol de las universidades</i>	<i>27</i>
Introducción	29
1. Interrelaciones entre ciencia, tecnología y educación superior.	30
1.1. Historia del desarrollo universitario y la incorporación de la investigación científica al trabajo universitario	30
1.2. Funciones de la ciencia y la tecnología en las sociedades modernas.	32
1.3. Procesos involucrados en el desarrollo de un sistema científico-tecnológico nacional	34
1.4. Funciones de la universidad en el desarrollo científico-tecnológico	35
2. Patrones de inversión en ciencia y tecnología en Iberoamérica en la década 1998-2007.	36
Introducción	36
2.1. Valores PIB en los países iberoamericanos	38
2.2. Inversión en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB.	38
2.3. Inversión en C&T en Iberoamérica.	40
2.4. Proyección global de la inversión	43
2.5. Sectores de financiamiento y ejecución	44
2.6. Destino de la Inversión.	46
2.7. Principales conclusiones sobre Inversión en C&T en Iberoamérica en la década 1998-2007	46
3. Recursos humanos para investigación y desarrollo en Iberoamérica en la década 1998-2007.	49
Introducción	49
3.1. Estimaciones de abundancia de científicos y tecnólogos.	50
3.2. Sectores de empleo de los trabajadores del conocimiento	51
3.3. Niveles de formación de los investigadores	53
3.4. Distribución de científicos y tecnólogos por disciplina de actividad.	57
3.5. Valores de proyección global.	57
3.6. Heterogeneidad en el capital humano para ciencia y tecnología en los países de Iberoamérica	59
3.7. Principales conclusiones sobre recursos humanos para investigación y desarrollo en Iberoamérica en la década 1998-2007.	59
4. Formación de científicos y tecnólogos en la década 1998-2007	60
4.1. Números totales de estudiantes	60
4.2. Áreas de especialización.	61
4.3. Tasas de ingreso	61

4.4. Valores de proyección global	64
4.5. Principales conclusiones sobre formación de recursos humanos en Iberoamérica en la década 1998-2007	64
5. Publicaciones y patentes producidas en Iberoamérica en la década 1998-2007	65
Introducción	65
5.1. Publicaciones.	66
5.2. Indicadores de producción e impacto	73
5.3. Patentes	74
5.4. Principales Conclusiones sobre Publicaciones y Patentes en Iberoamérica	78
6. Características del desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica en la década 1998-2007 y el rol de las universidades	79
6.1. Características del desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica	79
6.2. El rol de las Universidades en el desarrollo científico-tecnológico de Iberoamérica	82
Bibliografía	84

*Informe desde la perspectiva europea del desarrollo científico-tecnológico
en Iberoamérica (1998-2007) y el rol de las universidades* 85

1. Marco socioeconómico de referencia de los sistemas de I+D universitarios iberoamericanos	88
2. El rol de la universidad iberoamericana en la I+D Aspectos generales	90
3. Comparativa del desarrollo científico-tecnológico entre Iberoamérica y Europa: el rol de las universidades en ambos entornos	92
4. Discusión y conclusiones	98
Bibliografía	102

Las comunidades científicas pequeñas 103

Introducción	105
1. El tamaño de las comunidades científicas en Iberoamérica	106
2. Características de las pequeñas comunidades científicas	107
3. Políticas para el desarrollo de las pequeñas comunidades científicas	115

*Resúmenes de los informes nacionales de desarrollo científico
tecnológico de Iberoamérica* 119

El caso de Argentina.	121
El caso de Bolivia.	127
El caso de Brasil.	135
El caso de Centroamérica (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá)	143
El caso de Chile	153
El caso de Colombia.	163
El caso de Cuba	169
El caso de Ecuador.	177
El caso de España	183
El caso de México	193

El caso de Paraguay	199
El caso de Perú	203
El caso de Portugal.	209
El caso de Puerto Rico	215
El caso de República Dominicana	223
El caso de Uruguay.	231
El caso de Venezuela	237

A Ivan Lavados Montes

En homenaje a su capacidad para prever –a veces con décadas de anticipación– los temas importantes en el campo de la educación superior, trabajar con dedicación para ponerlos en la agenda pública y privada y, sobre todo, convocar a personas e instituciones para aunar esfuerzos y sacarlos adelante.

Presentación

Universia

En diciembre de 2004, cuando asumí la responsabilidad de Consejero Delegado de Universia, se abrió un camino de retos y oportunidades, cuyo objetivo final era acompañar a la Universidad Iberoamericana, impulsando proyectos y servicios que aportaran valor añadido a la comunidad universitaria.

Una de las primeras reuniones de trabajo que mantuve fue en Santiago de Chile, con Iván Lavados, Director Ejecutivo de CINDA en aquel momento. Él me sugirió, como posible línea de trabajo de Universia, recopilar y consolidar datos sobre la educación superior en Iberoamérica, que permitieran a diferentes colectivos, vinculados con la enseñanza y la investigación universitaria, desarrollar análisis y estudios posteriores. Iván se ofreció a colaborar desde CINDA, poniendo a disposición su experiencia en la elaboración de estudios e informes

Un primer informe sobre Educación Superior en Iberoamérica se publicó en el año 2007. Quisimos dar continuidad a aquel informe, desde la perspectiva del desarrollo científico y tecnológico en Iberoamérica en el marco universitario, y por ello esta publicación.

Hubiéramos querido que Iván Lavados lo presentara, pero las circunstancias han sido otras. En cualquier caso, hoy podemos disponer de la información aquí reflejada gracias a la idea y compromiso de Iván, y del equipo que lo ha sucedido en CINDA.

Universia nace en el año 2000 apoyada por un significativo grupo de universidades españolas, su Conferencia de Rectores y el patrocinio de Banco Santander. Hoy, diez años después, cuenta 1.169 universidades socias de 23 países iberoamericanos.

Su objetivo es apoyar, impulsar y desarrollar proyectos de y para la comunidad universitaria en Iberoamérica, y trabaja para

CINDA

En 2007 el Centro Interuniversitario de Desarrollo, CINDA, inició un ambicioso proyecto, con apoyo de Universia, destinado a recoger y difundir de manera sistemática información acerca del desarrollo de la educación superior en Iberoamérica. El primer fruto de dicho proyecto fue la publicación del *Informe sobre Educación Superior en Iberoamérica 2007*, que presentó un panorama global del sector para la región, así como un conjunto de informes nacionales en diversos temas.

El proyecto contempla la actualización periódica de dicho informe, pero además pretende abordar temas específicos de interés para la educación superior. En esta ocasión, el foco de atención está en el rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico, buscando tanto conocer la realidad de los países de la región como la inserción de la región iberoamericana en el contexto internacional.

El tema resulta particularmente interesante cuando se mira en el contexto de la contribución de la ciencia y la tecnología a la economía del conocimiento, y se toma en consideración la importancia de la investigación –tanto básica como aplicada– que se desarrolla en las instituciones universitarias para el desarrollo de los países.

El presente informe recoge la experiencia de veintidós países iberoamericanos (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay y Venezuela), y la ubica en un contexto más amplio, comparando la situación de la región con el medio internacional global. Permite de este modo dar cuenta tanto del volumen de esfuerzo realizado como de la heterogeneidad ineludible entre los países

consolidarse como la mayor Red de Universidades de habla hispana y portuguesa.

En mayo de 2005 tuvo lugar el I Encuentro de Rectores de Universia, que reunió en Sevilla –España– a 400 rectores iberoamericanos y del que se extrajeron tres líneas de futuro:

- Universia como Red de Universidades.
- Declaración de Sevilla, en la que se adopta el compromiso de impulsar el Espacio Iberoamericano del Conocimiento.
- Universia como nexo de conexión entre la oferta universitaria y la demanda empresarial.

En 2007 se aprobó un plan estratégico trianual 2008-2010, que contempla la expansión a todos los países iberoamericanos de habla hispana y portuguesa, y cuatro líneas estratégicas: Formación, Empleo, Observatorio y Redes sociales

- En Formación, apuesta por convertirse en portal de referencia en difusión de cursos, becas y eventos, y transmisión de conocimiento en abierto.
- En Empleo, desde el año 2005, se han gestionado 553.105 prácticas para estudiantes y primer empleo para egresados.
- En Observatorio, Universia será referencia internacional en educación superior con la celebración del II Encuentro de Rectores, que tendrá lugar en México en mayo de 2010 y que reunirá a 1.000 rectores.
- Y en Redes sociales, impulsa el uso racional de las herramientas 2.0, que generan viralidad de contenidos y participación del usuario.

El presente informe forma parte de la línea estratégica de Observatorio. Pretende exponer datos que faciliten análisis de la situación en ciencia y tecnología en Iberoamérica, tanto a grupos de trabajo universitarios o como a gestores vinculados con la política universitaria.

Jaume Pagés Fita
Consejero Delegado de Universia

considerados y, a través del análisis de estos rasgos propios de la región iberoamericana, intenta dar pistas para el diseño de políticas, tanto a nivel institucional como nacional o regional.

Desde esta perspectiva, el informe que presentamos continúa una línea que ha caracterizado la labor de CINDA desde sus orígenes: la preocupación por conocer y promover el aporte de las universidades al desarrollo de las sociedades en que se insertan, y de manera particular, por vincular el conocimiento con la elaboración e implementación de políticas. Asimismo, reafirma el compromiso de CINDA con el desarrollo de la educación superior en las distintas dimensiones de su quehacer y da pistas que apuntan hacia el fortalecimiento del rol de las universidades de la región Iberoamericana en el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación. Por último, pero no por ello menos importante, es una expresión de la orientación central del trabajo del Centro, impresa en su quehacer por su Director Ejecutivo, Iván Lavados, en cuya memoria presentamos esta obra.

María José Lemaitre
Directora Ejecutiva (i) CINDA

Prólogo

Caracterización del Informe CINDA 2010 sobre el rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico de Iberoamérica

El presente informe es parte de un esfuerzo global y de largo plazo en el que el Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA) y la Red Iberoamericana de Universidades (UNIVERSIA) están colaborando para analizar los antecedentes, situación y perspectivas de la educación superior en Iberoamérica. Dichos estudios se conciben como una contribución para el diálogo, el análisis y la proyección hacia el futuro del Espacio Iberoamericano del Conocimiento.

Como parte de ese análisis, a finales de 2007, CINDA publicó un informe (CINDA, 2007) con numerosos antecedentes sobre varias dimensiones de importancia de los sistemas de educación superior en Iberoamérica. Uno de esos aspectos analizó el rol de la Universidad en las actividades de investigación y desarrollo en Iberoamérica en las últimas décadas. Usando las conclusiones de ese Informe como hipótesis de trabajo, este estudio analiza en mayor detalle los cambios más notables en el desarrollo reciente de la investigación científica y tecnológica en Iberoamérica y el rol de las Universidades en esos desarrollos.

La información básica para establecer los patrones de cambio arriba indicados se deriva de Informes nacionales preparados para 22 países iberoamericanos. Los datos correspondientes fueron integrados en una caracterización global de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, incluyendo las tendencias recientes en volúmenes de inversión y ejecución, los patrones de formación y de distribución de recursos humanos, así como la productividad de este conjunto de científicos y tecnólogos, medida en términos de número de publicaciones y patentes producidas. El primer trabajo de este volumen entrega una visión integrada de estos cambios en la década 1998-2007, haciendo una primera caracterización del desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica, evaluando en forma cuantitativa el rol de las Universidades en estos desarrollos y derivando elementos de política a considerar en futuros avances en este campo.

Una de las ventajas comparativas de integrar el Espacio Iberoamericano del Conocimiento (CINDA, 2007), consiste en las posibilidades de complementación de esfuerzo, de aprendizaje compartido y de beneficios mutuos entre los países del grupo. Algunos países en este bloque, como España y Portugal, pertenecen simultáneamente a otros bloques político-económicos, tales como la Comunidad Europea, comunidad que ha tenido un fuerte desarrollo científico-tecnológico en los últimos 20 años. El segundo trabajo de este volumen compara el desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica con aquel que se ha estado produciendo en Europa, analizando también el rol de las Universidades en ambos entornos. Al igual que el trabajo anterior, la com-

paración permite a los autores derivar elementos de política a considerar en futuros desarrollos de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica.

Una de las características de importancia del Espacio Iberoamericano de Educación Superior es la heterogeneidad en numerosos parámetros relacionados con desarrollo científico-tecnológico. Uno de esos parámetros es el número de científicos, coexistiendo en un mismo espacio comunidades grandes y pequeñas de científicos y tecnólogos. El tercer trabajo de este volumen analiza con especial atención las características de las comunidades científicas pequeñas, como las que ocurren en varios países de Centroamérica y el Caribe Iberoamericano. El análisis de los factores que afectan el crecimiento y la productividad de estas comunidades también permite en este trabajo derivar principios de política a considerar en los procesos de desarrollo de estas comunidades de científicos.

Los 22 informes nacionales sobre los que se sustentan estos trabajos están contenidos *in extenso* en el disco compacto que acompaña este volumen. Se ha estimado de interés, sin embargo, incluir resúmenes de los informes nacionales en la parte final de este libro. Ellos debieran entregar una visión sucinta de los cambios y avances que están ocurriendo hoy en los distintos países de la región.

Objetivos del informe

Así, los objetivos del presente trabajo son:

1. Identificar, analizar y proyectar los cambios más notables que están ocurriendo en el desarrollo científico y tecnológico en Iberoamérica en la última década (1998-2007).
2. Situar estos avances en el contexto mundial.
3. Evaluar el rol del sistema universitario iberoamericano en estos progresos.
4. Comparar el desarrollo en c&t que está ocurriendo en Iberoamérica con aquel que ocurrió en Europa.
5. Caracterizar la diversidad y heterogeneidad de grupos de científicos y tecnólogos existentes en Iberoamérica.
6. Contribuir al diseño y orientación de futuras políticas para acelerar los desarrollos en ciencia y tecnología en Iberoamérica.

Métodos Usados

Los países considerados en este estudio son:

- Argentina
- Bolivia
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Costa Rica
- Cuba
- Ecuador
- El Salvador
- Honduras
- México
- Nicaragua
- Panamá
- Paraguay
- Perú
- Portugal
- Puerto Rico
- República Dominicana

- España
- Uruguay
- Guatemala
- Venezuela

En cada uno de estos países los autores de los informes nacionales hicieron una breve descripción del Sistema Nacional de Investigación y Desarrollo respectivo, un análisis de los patrones de inversión en c&t en su país durante la década 1998-2007, una cuantificación de los recursos humanos para investigación y desarrollo en sus instituciones nacionales, los patrones de formación de científicos y tecnólogos y los números de publicaciones y patentes producidas en la década.

Con el propósito de comparación internacional, los datos integrados del bloque iberoamericano fueron comparados con otros bloques mundiales (por ejemplo, Norteamérica, Comunidad Europea, Asia Desarrollada) enfatizando los números totales y las velocidades de cambio en el desarrollo científico-tecnológico que está ocurriendo en estos conjuntos de naciones.

Los datos estadísticos usados, tanto en los informes nacionales como en los trabajos de síntesis, provienen de fuentes internacionales de bases de datos, que incluyen el Instituto de Estadísticas de la UNESCO, el Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y El Caribe (IESALC), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), los Indicadores de Ciencia e Ingeniería de la Fundación Nacional de Ciencia de los Estados Unidos (NSF), la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT) e Indicadores Científicos del Grupo SCIMAGO de UNIVERSIA.

El proyecto fue desarrollado y el volumen elaborado bajo la responsabilidad del Centro Interuniversitario de Desarrollo, CINDA, institución académica internacional, formada por un grupo de universidades de América Latina y Europa y cuyo propósito es la realización de estudios, la cooperación entre las universidades miembros y la activa promoción de innovaciones institucionales. Las organizaciones en red tanto de CINDA como de UNIVERSIA fueron de vital importancia para la incorporación de expertos de distintos países al proyecto y de sus contribuciones a través de los informes nacionales.

El proyecto contó con un Comité Directivo formado por :

- *Iván Lavados*, Director Ejecutivo de CINDA, quien dirigió el proyecto hasta noviembre de 2009.
- *María José Lemaitre*, Directora Ejecutiva de CINDA desde noviembre de 2009.
- *Carlos Angulo*, Rector de la Universidad de Los Andes, Colombia, y Presidente de CINDA.
- *Alfonso Muga*, Rector de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- *Senén Barro*, Rector de la Universidad de Santiago de Compostela.
- *Jaume Pagés*, Consejero Delegado de UNIVERSIA.
-

La coordinación del proyecto fue responsabilidad de *Bernabé Santelices*.

Al igual que el Informe CINDA 2007, el proceso de elaboración de este volumen contempló las siguientes etapas:

- Diseño de un marco temático de referencia para recoger en cada uno de los países participantes la información pertinente. Este marco fue complementado con un cuestionario sobre aspectos cualitativos del desarrollo científico y tecnológico de los respectivos países.
- Preparación de los informes nacionales por uno o más expertos de cada país.
- Reunión para analizar los resultados preliminares de los informes nacionales celebrada en Bogotá, Colombia, el 29 y 30 de septiembre de 2009. En ella participaron los expertos de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, México, Paraguay, República Dominicana, Uruguay y Venezuela, así como los miembros del Comité Directivo y el coordinador del proyecto. En dicha reunión se avanzó en temas globales, se analizaron los avances producidos en los informes nacionales, se revisaron los métodos y datos a usar en la preparación de los informes nacionales y se expusieron los tres trabajos incluidos en este volumen.
- Simultáneamente con la reunión de expertos se realizó una reunión del Comité Directivo del Proyecto, donde se analizó la marcha del proyecto, las presentaciones realizadas, la organización del Informe 2010 y el calendario de actividades.
- Luego de la recepción de los informes nacionales, se realizó una revisión y complementación de datos de fuentes nacionales (los informes) e internacionales (bases de datos), a fin de obtener una visión integrada y actualizada de los patrones de cambio en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica.
- Con el conjunto de datos y contribuciones se elaboró el informe final, a cargo de CINDA y bajo la coordinación de Bernabé Santelices, profesor de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Autores del informe, de los trabajos y de los informes nacionales

COORDINADOR: Bernabé Santelices, con la asistencia de Marcelo Bobadilla.

- *Bernabé Santelices*

Chileno. Ph.D. en Biología por la Universidad de Hawaii, USA. Profesor titular e investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Especialista en Ecología Marina, Macroalgas Marinas y en Gestión Científico-Tecnológica. Es autor de 8 libros y sobre 180 publicaciones originales. Fue Director Académico de CONICYT-Chile, Presidente del Consejo Superior de Ciencias de FONDECYT, Director Fundador de los Programas FONDAP de CONICYT-Chile, Miembro del Consejo Superior de Educación, del Consejo Nacional de Acreditación y del Consejo Nacional de Pesca. Ha recibido 9 premios internacionales por sus contribuciones científicas y de desarrollo de las ciencias.

- *Marcelo Bobadilla*

Chileno. Ph.D. en Biología (Ecología) por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Miembro del grupo de estudio de ecología marina del i-Mar de la Universidad de Los Lagos y posteriormente en la Universidad Andrés Bello. Experto en técnicas de muestreo y de análisis estadístico de distribución de organismos planctónicos. Ha participado en diversos proyectos relacionados con manejo y evaluación de técnicas estadísticas.

Autores de trabajos

- *Francisco Javier Sardina*

Español. Licenciado y Doctor en Química por la Universidad de Santiago de Compostela (USC), catedrático de Química Orgánica en esa misma Universidad, autor de numerosos artículos en revistas científicas internacionales en el campo de la Síntesis Orgánica y de Resonancia Magnética Nuclear. Posee más de 10 años de experiencia en diversos puestos de gestión de investigación, transferencia tecnológica y emprendimiento universitario.

- *Sonia Martínez*

Española. Licenciada en Farmacia por la Universidad Complutense de Madrid y Ph.D. en Biología Molecular y Celular. Investigadora del Centro de Biología Molecular de Madrid (CSIC), el Instituto Curie (París) y el Hospital Vall d'Hedron. Trabajó en gestión de la investigación, transferencia de tecnología, incubación de empresas y proyectos de cooperación europeos en el área científica del Parc Científic de Barcelona. Actualmente es Directora de Recursos de Apoyo a la Investigación y Proyección Exterior en la Universidad de Santiago de Compostela.

- *Senén Barro*

Español. Licenciado y Doctor premio extraordinario en Física por la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Catedrático de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial y Rector de la USC. Preside la Red Universitaria Iberoamericana de Incubación de Empresas (RedEmprendia). Es editor de cinco libros y autor de casi 200 artículos científicos. Fue vocal de la «Asociación Española para las Tecnologías y Lógica Fuzzy» y de la «European Society for Fuzzy Logic and Technology» con estancias de investigación en diversas universidades extranjeras. Miembro del Comité Científico del «European Center for SoftComputing». Académico correspondiente por Galicia de la Real Academia de Doctores (pendiente de ingreso). Doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (Perú).

- *Gabriel Macaya Trejos*

Costarricense. Doctor de Estado en Ciencias por la Universidad de París 7. Vicerrector de Investigación y Rector de la Universidad de Costa Rica. Actualmente es Presidente de la Academia Nacional de Ciencias de dicho país, Presidente del Consejo Centroamericano de Acreditación y Vicepresidente de la Asociación Estrategia Siglo XXI. Investigador en el centro de Investigación en Biología Celular y Molecular

de la Universidad de Costa Rica. Premio Nacional de ciencias «Clodomiro Picado Twilight». Caballero de la Orden del Mérito Académico y Oficial de la Orden de la Legión de Honor de Francia. Medalla «José Toa Pasquel», CINDA, Chile.

Autores de informes nacionales

ARGENTINA

- *Gustavo Lugones (especialista principal)*

Argentino. Economista de la Universidad de Buenos Aires. Actualmente Rector de la Universidad Nacional de Quilmes. Especialista en temas de economía de la innovación. Se ha desempeñado como profesor de grado y postgrado en 6 universidades nacionales y ha sido consultor de organismos nacionales e internacionales, tales como CEPAL, BID-INTAL, RICYT, OEA, CYTED, PNUD e IDRC. Tiene numerosas contribuciones, incluyendo libros, capítulos de libros y artículos sobre economía internacional, estudios sectoriales y economía de la innovación. Es coautor del Manual de Bogotá sobre Indicadores de Innovación Tecnológica para América Latina y El Caribe.

- *Diego Hurtado*

Argentino. Doctor en Física por la Universidad de Buenos Aires. Es Secretario de Innovación y Transferencia de Tecnología y Profesor Titular en UNSAM. También es profesor de postgrado en la UBA. Es autor de dos libros y artículos sobre historia de la ciencia y la tecnología, en revistas como *Science in Context* (Cabridge University Press), *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* (University of California Press), *Science, Technology and Society* (Sage Publications), *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (OEI, Universidad de Salamanca y Grupo Redes), *Asclepio* (CSIC de España), *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência* (SBHC).

- *Patricia Gutti*

Argentina. Licenciada en Comercio Internacional de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Magister en Ciencia, Tecnología e Innovación (UNGS / Centro de Redes/IDES). Actualmente se desempeña como profesora-investigadora de la Universidad de Quilmes, profesora titular de grado y de postgrado de UNQ y de la Universidad de Buenos Aires. Ha participado en proyectos para organismos nacionales e internacionales (CEPAL, BID-INTAL, RICYT, PNUD, entre otros) y ha publicado diversos trabajos en temas relacionados con indicadores de ciencia, tecnología e innovación y capacidades de absorción de tecnología externa.

- *Eduardo Mallo*

Argentino. Magister en Desarrollo Económico local por la Universidad Nacional de San Marcos / Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente es Director de Transferencia de Tecnología y profesor titular de Políticas Públicas y de Metodología de las Ciencias Sociales en UNSAM. En la misma universidad es investigador del Centro de Estudios de Historia de la Ciencia y la Técnica sobre temas vinculados a

políticas de ciencia y tecnología en Argentina. Fue Asesor de Gabinete de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación y de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación.

- *Héctor Bazque*

Argentino. Licenciado en Comercio Internacional de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Actualmente, se desempeña como profesor-investigador de la Universidad Nacional de Quilmes y becario de doctorado del CONICET. Ha participado de diversos proyectos de investigación y congresos.

- *Matías Alonso*

Argentino. Estudiante de Ciencias de la Comunicación (UBA). Coordinador operativo del Programa de Incubadoras de Base Tecnológica de la Secretaría de Innovación y Transferencia de Tecnología de la UNSAM.

BOLIVIA

- *Álvaro Padilla (especialista principal)*

Boliviano. Bioquímico Farmacéutico, UMSS, Cochabamba. Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. M.Sc. Environmental Science and Technology. International Institute for Hydraulic and Infrastructural Engineering, Delft. M.Sc. Env. Poll. Control, The University of Leeds. Director Nacional de Ciencia y Tecnología. Catedrático Titular de UMSS. Fue Viceministro de Educación Superior, Ciencia y Tecnología. Consultor para varios organismos nacionales e internacionales.

- *Ramón Daza*

Boliviano, Bachiller Universitario en Filosofía y Letras, Universidad Pontificia de Salamanca, España. Magíster en Planificación y Desarrollo de la Educación, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. Profesor titular en varias universidades de América Latina. Viceministro de Educación Superior, Ciencia y Tecnología. Especialista y Consultor Internacional en temas universitarios.

- *Vanya Mónica Roca Urioste*

Boliviana. Magíster en Administración de Empresas, Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Especializada en administración universitaria. Directora Académica UPSA. Consultora internacional en educación superior.

BRASIL

- *Leandro R. Tessler (especialista principal)*

Brasileño. Bachiller en Física (UFRGS), Magister en Física (UNICAMP) y Ph.D. por la Universidad de Tel Aviv, Israel. Actualmente profesor asociado del Instituto de

Física «Gleb Wataghin» de UNICAMP y Coordinador de Relaciones Internacionales de UNICAMP. Autor o coautor de más de 50 artículos en revistas ISI.

CENTRO AMÉRICA
(Costa Rica, El Salvador, Guatemala,
Honduras, Nicaragua y Panamá)

- *Gabriel Macaya Trejos* (especialista principal; ver C. vitae en Autores de Trabajos)

- *María Santos P.*

Costarricense. Magíster Scientae en Genética Molecular por la Universidad de Costa Rica. Consultora en Ciencia y Tecnología, Estrategia Siglo XXI; Encargada de Aplicaciones Genética Molecular – América Latina, Applied Biosystems, USA; Investigadora y docente, Instituto de Investigaciones en Salud y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica con pasantías en Baylor College of Medicine, Texas, USA y University of Utah, USA. Profesor invitado, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- *Mariela Arias Hidalgo*

Costarricense. Bachiller en Biología, Universidad de Costa Rica. Estudiante de Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica. Profesora en el Departamento de Fisiología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica.

CHILE

- *Jaime Baeza H. (especialista principal)*

Chileno. Químico Farmacéutico de la Universidad de Concepción, M.Sc. por la Universidad de Puerto Rico y Ph.D. en Química por la Universidad de Detroit, Mi, USA. Profesor titular y Director de Investigación de la Universidad de Concepción, Presidente de la Comisión de Investigación y Postgrado de las Universidades chilenas. Fue miembro del Consejo Superior de Ciencias de FONDECYT-CONICYT, Chile.

COLOMBIA

- *Eduardo Aldana Valdés (especialista principal)*

Colombiano. Ingeniero Civil de la Universidad de Los Andes, M.Sc. de la Universidad de Illinois y Ph.D. del M.I.T. Ha sido rector de la Universidad de los Andes donde es profesor, Director de Colciencias, Gobernador del Tolima, miembro de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, y de los consejos directivos de varias universidades y organizaciones de servicio social. Ha sido profesor visitante o conferencista en universidades de Venezuela, Estados Unidos, Chile y Colombia. Ha publicado varios libros y numerosos artículos sobre educación, ciencia y tecnología y desarrollo local.

CUBA

- *Julio Sánchez Mariñez (especialista principal)*

Dominicano. Licenciado en Psicología por la Universidad Autónoma de Santo Domingo y Ph.D. en Estudios Organizacionales y Gerenciales, State University of New York, con especialización en Administración y Planificación de la Educación Superior. Vicerrector de Investigación y Vinculación del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC) y Profesor de Estrategia, Teoría Organizacional y Desarrollo Organizacional en la Escuela de Negocios de INTEC.

- *Jorge Núñez*

Cubano. Licenciado en Química y Doctor en Filosofía por la Universidad de La Habana. Profesor titular, Director de Postgrado y Coordinador de la Cátedra de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I) de la Universidad de La Habana. Coordinador del Programa Nacional de Gestión Universitaria del Conocimiento y la Innovación para el Desarrollo. Miembro del Consejo Nacional de Postgrado.

- *Luis Félix Montalvo*

Cubano. Master y Doctor en Política Científica y Tecnológica por la Universidad de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil. Ingeniero economista, Instituto de Automóviles y Viales de la ciudad de Jarkov y Profesor-Investigador de la Cátedra en Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I) de la Universidad de La Habana.

- *Aurora Fernández*

Cubana. Master en Investigación de Operaciones por la Universidad de Lancaster, Gran Bretaña e Ingeniera Industrial, Universidad de La Habana. Profesora Titular, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Miembro de la Cátedra en Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I) de la Universidad de La Habana.

- *Isarelis Pérez*

Cubana. Licenciada en Sociología y Máster en Ciencia, Tecnología y Sociedad por la Universidad de La Habana. Profesora Asistente y Secretaria de la Cátedra Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación en la Universidad de La Habana. Becaria de EU-ALFA Lentisco Academy Training Project (2002-2003) y Globelics Academy, Universidad Técnica de Lisboa (2005).

ECUADOR

- *Washington Macías (especialista principal)*

Ecuatoriano. Licenciado en Ciencias Sociales y Políticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Actualmente es profesor principal de la Universidad de Guayaquil y asesor del rectorado, responsable de la planificación estratégica de la universidad. Especialista en problemas socioeconómicos del Ecuador y de desarrollo humano.

ESPAÑA

- *Sonia Martínez (especialista principal)*
- *F. Javier Sardina y Senén Barro Ameneiro*
- (Ver C. vitae en Autores de Trabajos).

MÉXICO

- *Sergio Martínez Romo*

Mexicano. Doctor (Ph.D., London) en Filosofía, Política y Planeación de la Educación Superior. Coordinador del Seminario de Investigación en Educación Superior (académicos, políticos y gobierno) en la Universidad Autónoma Metropolitana. Ha sido asesor del Rector en proyectos especiales y coordinador del postgrado en política y planeación educativa. Investigador Nacional y Par Académico de los Comités de Investigación y Postgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

PARAGUAY

- *María del Rocío Robledo Yugueros (especialista principal)*

Paraguaya. Ingeniera Civil. M.Sc. Evaluadora de proyectos para el CONACYT. Consultora de Ciencia y Tecnología para RICYT y para la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de UNESCO. Docente de cátedras de grado y postgrado en la Universidad Católica de Nuestra Señora de la Asunción.

- *Haydée Giménez Rojas de Peña*

Paraguaya. Licenciada en Psicología y Orientación Escolar. Candidata a Doctora en Psicología Clínica y Máster en Gestión de la Educación Superior. Especialista en Evaluación de la Calidad de la Educación Superior y en Metodología de la Investigación. Docente de pre y postgrado en la Universidad Católica de Nuestra Señora de la Asunción.

- *Norma Verónica Morales*

Paraguaya. Licenciada en Análisis de Sistemas y especialista en Organización de Sistemas y Métodos, por la Universidad Católica de Nuestra Señora de la Asunción.

PERÚ

- *Consortio de Universidades Privadas*

La responsabilidad del estudio nacional de Perú estuvo a cargo del Consorcio de Universidades. El especialista principal fue:

- *Eduardo Paredes Bodegas*

Peruano/Español. Máster y Doctor en Medicina de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Director de Postgrado y Especialización en Medicina de esa misma universidad.

- *Romina Sol Golup*

Argentina. Licenciada en Economía, Maestría en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación.

PORTUGAL

- *Miguel Santos Conçeição* (especialista principal)

Portugués. Licenciado en Ingeniería Ambiental. Desde 2002 desempeña funciones de asesoría del Rector de la Universidad de Aveiro. Previamente fue asesor del Vicerrector para investigación de la misma universidad. Secretario de la Comisión de Evaluación Externa de las Licenciaturas del área de Medio Ambiente en el ámbito del Consejo Nacional de Evaluación de la Enseñanza Superior.

PUERTO RICO Y REPÚBLICA DOMINICANA

- *Julio Sánchez* (especialista principal)

(Ver C. vitae en Informe de Cuba).

URUGUAY

- *Omar Paganini* (especialista principal)

Uruguayo. Ingeniero Electricista por la Universidad de la República Oriental del Uruguay. Postgrado en Dirección y Administración de Empresas por la Universidad Católica. Decano de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Universidad Católica. Docente y consultor en temas de TIC aplicadas a las organizaciones y procesos productivos. Integra el Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT), el Comité de Evaluación de Proyectos de Innovación en Empresas (CESPE) de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), así como el Comité Ejecutivo de la incubadora INGENIO del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU).

VENEZUELA

- *Iván de la Vega* (especialista principal)

Venezolano/Español. Sociólogo. Magister en Política y Gestión de la Innovación Tecnológica. Doctor en Estudios Sociales de la Ciencia, con tres años de postdoctorado. Actualmente profesor-investigador de la Universidad Simón Bolívar. Consultor Internacional de RICYT.

- *Freddy Blanco*

Venezolano. Sociólogo con especialidad en Planificación Global. Diplomado en Gerencia de Proyectos, Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) y en Prospectiva y Estrategia por la Universidad. Profesor de postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello en el área de Gerencia de Proyectos de Innovación Tecnológica.

- *Aura Troconis*

Venezolana. Socióloga con postgrado en Desarrollo Organizacional. Especialización en el área de la planificación estratégica y operativa vinculada al sector científico tecnológico para instituciones como la Universidad Central de Venezuela, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología e Industrias Intermedias (MPPCT).

- *Fabiana Llovera*

Venezolana. Técnico Superior en Comercio Exterior. Licenciada en Comercio Internacional. Actualmente es estudiante de Maestría en Ciencias Políticas de la Universidad Simón Bolívar.

***Desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica en la
década 1998-2007 y el rol de las universidades***

Bernabé Santelices

Profesor Titular
Facultad de Ciencias Biológicas
Pontificia Universidad Católica de Chile

Introducción

A lo largo de la historia y hasta hace 200 años, el progreso científico esencialmente fue el resultado de iniciativas individuales. Los investigadores eran personas aficionadas a un ámbito dado del saber o profesionales con una formación más especializada. Estas personas incursionaban en búsquedas específicas en determinadas áreas y generalmente eran sustentadas por filántropos o por instituciones, como academias y museos. Basta recordar como ejemplo a Darwin, tan de moda en estos días, quien es considerado un científico aficionado (Barnes 1966, Tort 2001), con una buena formación empírica como naturalista, una pequeña fortuna familiar que le permitió su sustento y cuyas contribuciones principales las realizó en el Museo Británico o en su residencia, donde completó investigaciones y numerosos manuscritos.

Recién en los inicios del siglo XIX, la investigación científica se incorporó como una función de importancia en el trabajo universitario. Con ello aparecieron los laboratorios institucionales, la colaboración entre investigadores, la expansión del conocimiento en distintas áreas y la formación de discípulos y escuelas de pensamiento a la sombra de la institucionalidad universitaria. A medida que los resultados se multiplicaron, se empezó a valorar el trabajo en equipo, los beneficios de aproximaciones complementarias y, eventualmente, se empezó a tomar conciencia de las capacidades de la ciencia y la tecnología para resolver problemas sociales y de desarrollo.

La incorporación de C&T en las tareas universitarias influyó en sus prioridades de desarrollo, modificando los modelos de organización existente. Simultáneamente, la ciencia y la tecnología aprendieron a nutrirse de las actividades universitarias, perfeccionando sus contribuciones académicas, sus funciones societarias y sus aportes al desarrollo. Siendo la institución universitaria un componente permanente y central al desarrollo social, gradualmente pasó a jugar roles de significación en el desarrollo científico-tecnológico en numerosas regiones del mundo, incluyendo Iberoamérica.

Un primer análisis sobre el rol de la Universidad en el desarrollo científico-tecnológico de Iberoamérica fue realizado en el Informe CINDA 2007. Allí se hizo notar las importantes funciones de las 300-400 Universidades que realizan investigación entre las 4.000-5.000 instituciones de Educación Superior existentes en Iberoamérica. Las funciones allí descritas son revisadas al final de la primera sección de este estudio. En la presente contribución, ellas han sido usadas como hipótesis de trabajo para cuantificar estas funciones a la luz de nuevos datos.

En la primera sección de este estudio se analizan las relaciones entre ciencia, tecnología y educación superior. La segunda sección revisa la inversión en ciencia y tecnología en Iberoamérica y la contribución porcentual del sector universitario como ejecutor de estos recursos. La tercera sección cuantifica los recursos humanos para ciencia y tecnología en Iberoamérica, sus niveles de formación y producción y su distribución relativa en distintos sectores de ejecución del trabajo científico y tecnológico. La cuarta sección analiza la formación de nuevos recursos humanos para la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, una importante función exclusiva de las

universidades. La quinta sección analiza los productos del trabajo científico-tecnológico, expresado en publicaciones y patentes, y la contribución relativa de las universidades en estas actividades. El sexto y último capítulo integra los hallazgos anteriores en torno a las características emergentes del desarrollo científico-tecnológico de Iberoamérica en la última década, el rol de las universidades en estos desarrollos y algunas recomendaciones de política que emergen de estos análisis.

1. Interrelaciones entre Ciencia, Tecnología y Educación Superior

1.1. *Historia del desarrollo universitario y la incorporación de la investigación científica al trabajo universitario*

Como es sabido, la investigación, la educación y la información existen desde muchos años antes que se formaran las instituciones conocidas como universidades. Estas nacieron como instituciones autónomas en las que estudiantes y maestros se asociaron con fines de aprendizaje y educación.

1.1.1. *La Universidad Medieval*

En la época medieval, las universidades enseñaban los saberes de la época, incluyendo teología, derecho, medicina y filosofía. En general, las universidades fueron consideradas como instituciones de la cristiandad, teniendo como inspiración a Dios y siendo la teología la disciplina principal. El advenimiento de la Reforma provocó la división de las universidades europeas en católicas y protestantes, generando la consecuente ruptura de la unidad religiosa y la formación de universidades de distintos credos.

1.1.2. *La Universidad Napoleónica*

Durante el siglo XVIII y luego de la Revolución, el Estado Napoleónico originó una nueva organización universitaria, que fuese capaz de satisfacer los requerimientos societarios. Un elemento fundamental fueron las profesiones, las que tenían influencia acentuada en la sociedad. Así, la universidad se convirtió en formadora de profesionales, dedicados a un saber hacer. Para lograr estos objetivos, la Universidad Napoleónica dividió las actividades universitarias. Las facultades otorgaban licencias para ejercer legítimamente en la sociedad. Por su parte, las escuelas, incorporaron profesionales habilitados para enseñar (los profesores) y dedicados a la investigación y al cultivo del saber. Para agrupar a estos últimos universitarios, se organizaron los institutos, dedicados principalmente al estudio y a la investigación y sólo eventualmente a la docencia. Algunos de estos institutos, a través de alta especialización, llegaron a constituir politécnicos y se dedicaron a formar expertos en campos específicos de la práctica profesional.

1.1.3. *La Universidad Alemana*

A principios del siglo XIX, se produjo también un movimiento de reformas universitarias en Alemania, que determinó la fundación de la Universidad de Berlín en 1810. Entre los arquitectos de este nuevo tipo de universidad destaca Wilhem von Humboldt. Su concepción de la universidad es la de una corporación al servicio de la ciencia. Su misión consiste en buscar y transmitir la verdad por medio de la ciencia, siendo la ciencia la esencia misma de la universidad. Bajo este concepto, la investigación constituye la tarea primordial de la universidad. Siendo la libertad espiritual un requerimiento esencial para que pueda existir una búsqueda libre de la verdad, ella pasa a ser una condición indispensable para la vida universitaria.

1.1.4. *La Universidad Americana*

El modelo alemán de universidad difundió hacia el resto del mundo, primero hacia Rusia y Gran Bretaña, floreciendo en Estados Unidos especialmente después de la Segunda Guerra Mundial. En estas sociedades, la ciencia y la tecnología alcanzaron gran trascendencia en el desarrollo social, con lo que se aumentó muy significativamente la demanda de especialistas e investigadores, contribuyendo en problemas asociados a las necesidades societarias. Esta realidad incrementó la demanda sobre la institución universitaria de especialistas y técnicos de diversa naturaleza que contribuyeron a crear soluciones a problemas para un mundo en constante cambio.

Durante la post-guerra (luego de 1950), la mayoría de los países del mundo adoptaron la ciencia y la tecnología como un componente esencial del trabajo universitario, esperando que sus universidades realizaran investigación, docencia de pre-grado, docencia de post-grado y trabajo de servicio a la comunidad. La docencia de post-grado es entendida como un subproducto de la investigación científica y se orienta a la preparación de nuevos investigadores, científicos y tecnólogos. La adopción y expansión de C&T como componente esencial del trabajo universitario, a su vez, determinó la necesidad de construir sistemas nacionales de ciencia y tecnología que pudiesen promover la eficacia del respectivo país en los distintos ámbitos de la especialización.

1.1.5. *La Universidad para la Economía del Conocimiento*

Teniendo a la guerra fría como escenario de fondo, los esfuerzos en ciencia y tecnología, durante las décadas de los 70's y los 80's, se orientaron primariamente hacia la competencia económica y militar de los dos bloques geopolíticos preponderantes en el mundo. Sin embargo, hacia finales de la década de los 80 uno de los dos bloques sufrió cambios significativos en sus capacidades y proyecciones. Como resultado, la percepción de amenaza militar cambió y los recursos orientados a investigación y desarrollo empezaron a disminuir.

Existiendo en la mayoría de los países con alto desarrollo, sistemas de C&T nacionales, y habiéndose reducido la amenaza militar, se empezó a analizar en dichas sociedades la posibilidad de convertir la capacidad de C&T que se usaba en defensa, en capacidad para actividades de desarrollo de la población civil a través de innovación. Así, las actividades de investigación y desarrollo, están enfatizando ahora

el desarrollo de tecnología e innovación, como un medio para apoyar la competitividad nacional y estimular la economía. Dicha economía se hace más y más intensiva a nivel de conocimiento, incrementando la demanda societaria por una mayor y mejor educación científica y un entrenamiento tecnológico más especializado en las universidades.

Este cambio significativo en las expectativas de desarrollo social asociado a la ciencia y la tecnología, y los consecuentes cambios que ella está induciendo en la formación científico-tecnológica en las universidades, es reconocida por algunos analistas como un cambio equivalente a aquel que se produjo en la Universidad Humboldtiana con la incorporación de ciencia y tecnología a las actividades universitarias. Esta nueva realidad está modificando no sólo mallas y procesos formativos. También ha llevado a una mejor definición de las funciones que la ciencia y la tecnología cumplen en las sociedades modernas y en el trabajo universitario y a las funciones que la institución universitaria debe satisfacer en esos desarrollos

1.2. *Funciones de la Ciencia y la Tecnología en las sociedades modernas*

Como se explicó en las páginas anteriores, tradicionalmente se justificó el cultivo de la ciencia por el valor cultural que ésta encierra y por su contribución al conocimiento universal. De ahí que cualquier sociedad, incluso las más pobres, tiene la aspiración de desarrollar este valor en su seno. Sin embargo, este valor que ha sido reconocido tradicionalmente como la justificación más obvia del porqué se debe desarrollar ciencia –especialmente al interior de las universidades– ha sido sobrepasado en tiempos recientes por otros tipos de aporte realizados por la ciencia, los que tienen que ver con los aportes formativos y al desarrollo que está realizando el trabajo científico y tecnológico. Estas funciones están resumidas en la Tabla 1.1 y han sido discutidas en trabajos anteriores (Santelices 1997).

El aporte formativo dice relación con la posibilidad de que los estudiantes de las carreras profesionales en las universidades reciban un conocimiento actualizado en las disciplinas básicas que sustentan su profesión. Ese conocimiento actualizado es entregado por profesores que se mantienen al día en las disciplinas, es decir aquellos que son capaces de percibir lo que está sucediendo a nivel internacional, en la frontera del conocimiento y del correspondiente desarrollo científico. A manera de ejemplo, no es lo mismo recibir clases de matemáticas básicas de un profesor que es activo investigador en esa disciplina, que recibirlas de una persona que repite el conocimiento matemático basado en libros; no es lo mismo recibir conocimiento en biología, cuando se estudia medicina, de un fisiólogo con amplia experiencia en los procesos y funciones del sistema nervioso y con una actividad notable de investigación, que recibirlo de un profesor que sólo conoce esos sistemas a través de la literatura. En otras palabras, el trabajo científico activo permite que los estudiantes –no sólo aquellos que siguen una carrera científica sino que también los que están estudiando una carrera profesional–, reciban un conocimiento actualizado en la disciplina correspondiente. Este conocimiento actualizado es el que permite que nuestros profesionales puedan usar en su actividad el conocimiento generado en otras partes del mundo. Ello les capacita para usufructuar del conocimiento universal en sus ac-

tividades profesionales y desarrollar en sus respectivos países actividades prácticas a partir de la ciencia y tecnología nacional e internacional.

La función formativa de la ciencia también realiza un segundo aporte, que tiene relación con el entrenamiento en el proceso de análisis racional de alternativas, lo cual consiste esencialmente en que todos los estudiantes que alguna vez han cursado una carrera científica hayan sido entrenados en racionalizar los problemas, evaluar alternativas de solución y elegir aquella que de acuerdo a los elementos objetivos de análisis existentes aparece como la más promisoría. Esto –a todos los estudiantes que transitan por las universidades- los lleva eventualmente a un incremento en su racionalidad en la toma de decisiones, simplemente por el entrenamiento, durante sus carreras, en el uso del método científico. Este incremento de racionalidad debiera permitir un mejor uso de los recursos tanto en las empresas como en los entes públicos.

Este conjunto de funciones formativas tiene un efecto difuso en la sociedad –son difícilmente medibles en términos económicos- no obstante son también difícilmente sustituibles por aportes de otras actividades y son sustanciales y básicas al desarrollo social. Ellas reflejan un tipo de aporte que la ciencia está haciendo a la sociedad, de carácter material, bastante más acentuado que el valor cultural de contribuir al conocimiento universal. Este conjunto de funciones, además, hacen insustituible la necesidad de que las sociedades desarrollen buena ciencia en su conjunto.

La ciencia además aporta en forma directa al desarrollo a través de la creación de nuevo conocimiento, un porcentaje del cual puede terminar en un desarrollo tecnológico, en el invento de un nuevo producto o servicio que incremente o mejore el bienestar social. En años recientes se ha descubierto, además, que un aporte importante de la ciencia al desarrollo se realiza en forma indirecta a través del oficio de ser investigador, o sea a través de la capacidad que tienen los científicos y tecnólogos activos para resolver problemas. No es infrecuente entonces que en distintas empresas contraten a científicos por su capacidad no tanto de resolver un problema específico en el cual son expertos, sino por el oficio de saber resolver problemas en forma racional.

De este modo, y tal como lo indica la Tabla N° 1, las funciones de la investigación científica-tecnológica son tan variadas y de tanta importancia, que la existencia de una capacidad científica-tecnológica en un país dado es una condición para lograr desarrollo. Sin la existencia de esta capacidad, no se puede usar el conocimiento científico-tecnológico universal y, por lo tanto, no se puede aspirar al desarrollo.

Tabla N° 1. Funciones de la Investigación Científico-Tecnológica

-
- Valor cultural: Contribución al conocimiento universal.
 - Aporte formativo:
 - Actualización de conocimientos en formación profesional.
 - Posibilidad de que nuestros profesionales puedan usar conocimiento generado en distintas partes del mundo.
 - Entrenamiento en el proceso de análisis racional de alternativas.
 - Incremento de racionalidad en la toma de decisiones de los sistemas públicos y privados.
 - Aporte al desarrollo:
 - En forma directa, a través de creación de nuevo conocimiento y tecnología.
 - En forma indirecta, a través del «oficio» de ser investigador. Ello se traduce en capacidad para aconsejar a la empresa en cómo resolver problemas.
-

1.3. *Procesos involucrados en el desarrollo de un sistema científico-tecnológico nacional*

Los procesos involucrados son tres: la investigación, la innovación y difusión, y la formación de recursos humanos. Para modificar estos procesos a través de instrumentos específicos se debe entender sus características propias así como las posibilidades de interacciones entre ellos.

La *investigación* es el trabajo teórico o experimental que se lleva a cabo para adquirir nuevos conocimientos. Ella puede ser *básica*, cuando el conocimiento se refiere a los fundamentos en los que se sustentan los fenómenos y hechos observables, sin tener en vista ninguna aplicación o uso en especial. Por contraste, en la investigación *aplicada*, la búsqueda original llevada a cabo para adquirir conocimiento está dirigida, principalmente, hacia un objetivo o propósito práctico. A menudo esta investigación aplicada es seguida por el desarrollo experimental. Se entiende por *desarrollo experimental* el trabajo sistemático, basado en el conocimiento existente, dirigido a producir nuevos materiales, productos o artefactos, a instalar nuevos procesos, sistemas o servicios, o a mejorar sustancialmente los ya producidos o instalados.

El criterio básico para diferenciar las actividades de investigación y desarrollo (I+D) de actividades relacionadas, es la presencia en aquéllas de un elemento apreciable de novedad. Así, la investigación permite incrementar el patrimonio del conocimiento y, a la vez, constituye un instrumento fundamental para aprender a trabajar con lo desconocido. Su desarrollo es indispensable, toda vez que permite la incorporación y adaptación al medio local del avance científico mundial, que es la base para el progreso de la sociedad y de los países. Sus hallazgos son de conocimiento público y sus resultados, generalmente, se validan a través de medios escritos formales, debidamente acreditados en el mundo científico. Ello incluye publicaciones en revistas de prestigio internacional y las patentes de invención.

En general, se considera que la *innovación* es la primera aplicación de la ciencia y la tecnología en una nueva forma con éxito comercial. La innovación tecnológica incluye los productos y nuevos procesos, así como las modificaciones tecnológicas importantes de productos y procesos. Se habla de *innovación de producción* cuando la comercialización de un producto ha sufrido una modificación tecnológica, a través de la cual las características de concepción de un producto son cambiadas de manera de ofrecer al consumidor un producto nuevo o mejorado. Se habla de *innovación de procesos* cuando se introduce una modificación importante a la tecnología de producción de un artículo. Se puede tratar de un nuevo equipo, de métodos nuevos de gestión o de organización o de ambos tipos de cambios asociados. La innovación se expande a través de la *difusión*. Sin difusión, la innovación no tiene incidencia económica.

La innovación en el desarrollo de productos, así como el mejoramiento y reconversión de los equipos, procesos y operaciones, implica relacionar conocimientos de índole científica, técnica y empírica, con oportunidades de mercado. Los conocimientos necesarios se obtienen por distintos métodos y de varias fuentes: investigación científica, desarrollo, adaptación, compra de tecnología, utilización de expertos y otros. El proceso representa una visión multidimensional sobre cómo desarrollar tecnología realmente vinculada a las unidades productivas y sus hallazgos tienen un

grado importante de confidencialidad. Su resultado debe ser un «negocio» viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, que puede ser incorporado al proceso productivo para dar lugar a la producción de bienes o servicios de mayor valor agregado, más competitividad y que no comprometan la disponibilidad futura de recursos naturales.

Los procesos de *formación de investigadores* y de preparación de profesionales guardan relación con el desarrollo de la investigación científica y tecnológica y con la innovación, pero tiene su propia dinámica. Este proceso se desarrolla, preferentemente, en el ámbito universitario, aunque con conexiones crecientes con la empresa y el sector productivo. La calidad del recurso humano resultante tiene fuerte dependencia de la calidad de los investigadores que lo forman, de la infraestructura disponible y de la estabilidad de la institución. El proceso de formación tiene una duración promedio de cuatro a seis años luego de un primer grado y requiere fuerte dedicación y capacidad de aprendizaje. Más aún, es frecuente que el investigador requiera especialización adicional, de nivel postdoctoral, antes de ser efectivo en investigación. Como en todas las profesiones, el interés por continuar este proceso tiene, además del componente vocacional, una fuerte dependencia de la valorización social y económica del investigador en la sociedad en que se inserta. Dicha valoración social, a su vez, está estrechamente asociada a la demanda local de ciencia y tecnología.

Siendo la investigación científica y tecnológica, la innovación y la formación de recursos humanos procesos con objetivos y dinámica propios, ellos demandan políticas de desarrollo, instrumentos y financiamiento diferenciados. No obstante, es necesario reconocer que existen obvias relaciones e interfaces entre estas distintas actividades y procesos y que es conveniente y necesario estimular las interacciones potenciales. Para ello, se requiere articulación entre los distintos instrumentos propios, así como el desarrollo de mecanismos e instrumentos especiales.

Debido a que estos tres procesos tienen naturaleza y objetivos diferentes, los agentes que influyen en los procesos tienen importancia relativa distinta para cada proceso. Las posiciones de estos agentes serán necesariamente limitadas con respecto al conjunto de procesos. Una articulación adecuada de instrumentos, la estimulación de interacciones entre los procesos y la armonización del conjunto de acciones demandan que se consideren adecuadamente a todos los agentes involucrados, con una definición clara y explícita de sus roles.

1.4. *Funciones de la universidad en el desarrollo científico-tecnológico*

En el Informe previo sobre Educación Superior (CINDA 2007) se enumeraron las funciones que cumplen las universidades que realizan investigación en el desarrollo científico-tecnológico. Estas son revisadas brevemente en esta sección. Dependiendo del grado de desarrollo de la investigación científico-tecnológica en un determinado país, las universidades pueden ser puntos críticos de concentración de recursos humanos dedicados a la investigación. En países y regiones en que otras instituciones (por ej. empresas, institutos estatales) también cumplen funciones de creación de conocimiento, el rol de las universidades como reservas de recursos humanos pueden ser menos exclusivas, pero en general en países del Tercer Mundo, como

muchos de los países de Iberoamérica, las universidades que realizan investigación son los puntos en que una nación concentran la capacidad de crear conocimiento.

Por razones explicadas en secciones anteriores, estos núcleos de investigadores, científicos y tecnólogos, también albergan la capacidad de incorporar al país el conocimiento desarrollado en otras partes del mundo e incorporarlo en la educación superior. Mientras más pequeño y menos diversificado sea este núcleo de investigadores, menores serán las oportunidades de dicho país o región de desarrollarse a través de la incorporación de conocimiento.

Mientras otras instituciones nacionales, tales como institutos estatales o industrias, pueden desarrollar sus propios grupos de investigación, incrementando la abundancia total de investigadores, la formación de nuevas generaciones de recursos humanos es una responsabilidad exclusiva de las universidades. La enseñanza de programas más avanzados, como los programas de doctorado, son considerados sub-productos del trabajo de investigación y, hasta el momento, una responsabilidad exclusiva de las universidades que realizan investigación. En estos programas se combinan las capacidades docentes de los investigadores, su conocimiento actualizado sobre temas específicos y sus capacidades y enseñanzas para crear conocimiento. Por razones de índole variada, y que se analizarán en los capítulos siguientes, el desarrollo de estos programas en las universidades iberoamericanas aún es frágil y reducido a un número relativamente pequeño de áreas del saber. Sin embargo, el número de programas y de estudiantes está en aumento y está llegando a ser una prioridad en varias instituciones iberoamericanas de educación superior.

2. Patrones de inversión en Ciencia y Tecnología en Iberoamérica en la década 1998-2007

Introducción

Tradicionalmente se ha señalado que los niveles de inversión en C&T en Iberoamérica son más bien bajos (ver Informa CINDA 2007) y que ellos constituyen una de las principales causas de rezago en este tipo de actividad en los países de la región. En este capítulo se analizan los antecedentes recopilados en diversas fuentes de datos, el patrón de evolución de este parámetro durante la década y la comparación de este cambio en relación con otros bloques mundiales.

La mayor parte de los datos con respecto a las tendencias en inversión se expresan en porcentajes del PIB (producto interno bruto), por lo que el estudio se inicia mirando los valores nacionales del PIB en países iberoamericanos y el rango de porcentajes del PIB dedicados a Investigación y Desarrollo.

El análisis incluye luego los aportes y ejecución del gasto realizado por distintas instituciones y el destino de la inversión, en términos de áreas disciplinares consideradas.

Siguiendo los sistemas de clasificación entregados por la Organización de Cooperación y de Desarrollo Económico (OECD) en el Manual de Frascati (edición 2002), se distinguen los siguientes sectores tanto en financiamiento como ejecución.

1. Empresas
 2. Estado
 3. Enseñanza superior
 4. Instituciones privadas sin fines de lucro
 5. Extranjero
1. *Empresas*. Este sector incluye: a) Todas las empresas, organismos e instituciones cuya actividad principal consiste en la producción mercantil de bienes y servicios (exceptuando la enseñanza superior) para su venta al público, a un precio que corresponde al de la realidad económica; b) Las instituciones privadas sin fines de lucro, que están esencialmente al servicio de las empresas. El núcleo de este sector lo constituyen las *empresas privadas* (sociedades o cuasi-sociedades), distribuyan o no beneficios. Entre esas empresas se encuentran aquellas cuya actividad principal es la I+D (institutos y laboratorios de I+D comerciales). Este sector comprende, además, las empresas públicas (sociedades y cuasi-sociedades públicas controladas por los poderes públicos), cuya actividad principal es la producción mercantil y la venta de bienes y servicios, que habitualmente son producidos por empresas privadas. Por razones políticas, el precio que se fija para estos productos y servicios puede ser inferior a los costos globales de producción. Para que exista «producción mercantil» en este contexto es preciso que los costes se correspondan con el valor (en cantidad y calidad) de los bienes y servicios suministrados, que la decisión de adquirirlos sea libre y que el precio fijado tenga un efecto claro sobre la oferta y la demanda. Cualquier empresa pública que proporcione servicios de enseñanza superior debe clasificarse en el sector enseñanza superior.
 2. *Estado* (Administración). Este sector incluye todos los departamentos, oficinas y otros organismos que suministran, generalmente a título gratuito, servicios colectivos, los que no serían fáciles ni rentables suministrar de otro modo y que, además, administran los asuntos públicos y la política económica y social de la colectividad. (Las empresas públicas se incluyen en el sector empresas). Además incluye a las Instituciones Privadas sin Fines de Lucro (IPSFL) controladas y financiadas principalmente por la administración, con excepción de las administradas por el sector de la enseñanza superior.
 3. *Enseñanza superior*. Este sector considera a todas las universidades, centros de nivel universitario, institutos tecnológicos y otros centros post-secundarios, cualquiera que sea el origen de sus recursos y su personalidad jurídica. Incluye también todos los institutos de investigación, estaciones experimentales y hospitales directamente controlados, administrados o asociados a centros de enseñanza superior.
 4. *Instituciones privadas sin fines de lucro*. Incluye instituciones que están fuera del mercado y al servicio de particulares y público en general.

5. *Extranjero*. El sector extranjero incluye todas las instituciones e individuos situados fuera de las fronteras políticas de un país, excepto los vehículos, buques, aeronaves y satélites espaciales utilizados por instituciones nacionales y los terrenos de ensayo adquiridos por estas instituciones.

En algunos lugares, se debe agregar la presencia de Organizaciones Internacionales, cuya actividad se restringe sólo a la ejecución de la inversión en un país dado con recursos provenientes del extranjero. Normalmente estos agentes ejecutores ocurren en unos pocos países y, como se dijo, su actividad se restringe principalmente a las actividades de ejecución.

2.1. *Valores PIB en los países iberoamericanos*

La Tabla N° 2.1 muestra la evolución del PIB en los países de Iberoamérica en la década y las diferencias muy significativas en este valor entre uno y otro país. Usando los valores del año 2007, se pueden distinguir tres grandes grupos de países. Un primer conjunto de 12 países, cuyo valor de PIB anual no sobrepasa los 50 mil millones de dólares. Un segundo grupo de 6 países, cuyo valor PIB oscilaba entre 100 y 300 mil millones de dólares y un tercer grupo, formado por 3 países, con valores PIB por sobre mil millones de dólares. Así, los valores del tercer grupo son 5 a 10 veces superiores a aquellos del segundo grupo y 20-25 veces superiores a los valores PIB del primer grupo.

Las diferencias en PIB entre países indica que, aunque los porcentajes del PIB invertidos en I&D por estos países fuesen similares, y no lo son, los resultados esperados tenderían a ser muy distintos de uno a otro país.

2.2. *Inversión en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB*

La Tabla N° 2.2 muestra la inversión de cada país iberoamericano en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB. Se ha incorporado el promedio estimado de la década para cada país y el valor del último año consignado en la base de datos usada.

Los datos indican una diferencia entre países de 84 veces en los valores promedios de porcentaje del PIB orientados a ciencia y tecnología. Esta diferencia es considerable, especialmente cuando se analiza que el valor promedio mayor usado en ciencia y tecnología no sobrepasa al 1% del PIB.

Una comparación entre el valor promedio y aquel del último año muestra que casi todos los países han aumentado su respectivo porcentaje con respecto al valor promedio de la década. La única excepción corresponde a Panamá, país que ha venido disminuyendo su inversión en C&T desde el año 2001, pasando gradualmente de un 0,40% del PIB en el año 2000 a un 0,20 en 2007.

Tabla N° 2.1. Valores PIB para países iberoamericanos (unidad: miles de millones de dólares americanos)

Países	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Nicaragua	3,6	3,7	3,9	4,1	4,0	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7
Paraguay	7,9	7,3	7,1	6,4	5,1	5,6	6,9	7,5	9,3	12,3
Honduras	6,2	6,4	7,1	7,6	7,8	8,1	8,8	9,7	10,8	12,3
Bolivia	8,5	8,3	8,4	8,1	7,9	8,1	8,8	9,5	11,4	13,1
Panamá	10,9	11,5	11,6	11,8	12,3	12,9	14,2	15,5	17,1	19,5
El Salvador	12,0	12,5	13,1	13,8	14,3	15,0	15,8	17,1	18,7	20,4
Uruguay	25,4	24,0	22,8	20,9	13,6	12,0	13,7	17,4	20,0	24,3
Costa Rica	14,1	15,8	15,9	16,4	16,8	17,5	18,6	19,9	22,5	26,2
Guatemala	19,4	18,3	19,3	18,7	20,8	21,9	23,9	27,2	30,2	34,0
Rep. Dominicana	21,3	21,7	24,0	24,9	26,3	21,6	22,5	33,7	35,7	41,1
Cuba	s.i.	s.i.	18,6	19,2	25,9	25,9	32,1	33,9	40,1	45,5
Ecuador	23,3	16,7	15,9	21,2	24,9	28,6	32,6	37,2	41,8	45,8
Perú	56,4	51,3	53,3	54,0	56,7	61,4	69,9	79,2	92,6	107,6
Chile	79,5	73,2	75,5	69,1	67,5	74,4	95,7	118,6	146,8	164,1
Colombia	98,7	86,5	94,0	92,8	93,2	91,8	114,1	144,7	162,6	208,5
Portugal	145,8	153,7	163,9	174,5	183,3	191,3	196,4	201,5	210,6	220,6
Venezuela	91,3	98,0	117,2	122,9	92,9	83,5	112,3	144,1	184,3	227,8
Argentina	298,9	283,5	284,2	268,7	96,0	127,8	152,0	181,6	212,6	260,4
México	421,9	481,8	581,4	622,4	649,2	700,3	759,2	849,8	952,3	1025,6
España	700,8	750,5	791,5	857,5	920,5	994,3	1040,7	1109,3	1183,5	1294,8
Brasil	840,9	573,4	642,4	555,8	503,9	557,6	664,7	888,0	1089,7	1341,7

Fuente: The World Bank, World Development Indicators 2009.
s.i.: sin información

Tabla N° 2.2. Inversión en Ciencia y Tecnología como porcentaje del PIB.

País	Promedio anual de la década	Último año registrado
Nicaragua	0,012	0,05 (2002)
Guatemala	0,013	0,06 (2007)
El Salvador	0,014	0,09 (2007)
Honduras	0,026	0,06 (2004)
Paraguay	0,041	0,09 (2005)
Ecuador	0,064	0,15 (2007)
Perú	0,071	0,15 (2004)
Colombia	0,179	0,16 (2007)
Bolivia	0,185	0,26 (2002)
Uruguay	0,202	0,44 (2007)
Costa Rica	0,260	0,32 (2007)
Panamá	0,322	0,20 (2007)
México	0,333	0,46 (2005)
Chile	0,425	0,67 (2004)
Argentina	0,439	0,51 (2007)
Cuba	0,484	0,44 (2007)
Venezuela	0,694	2,69 (2007)
Brasil	0,725	1,11 (2007)
Portugal	0,783	1,21 (2007)
España	0,989	1,27 (2007)
Promedio	0,313	0,55

Fuente: RICYT

2.3. Inversión en C&T en Iberoamérica

La inversión efectiva, medida en millones de dólares, en C&T realizada por los países de Iberoamérica se entrega en la Tabla N° 2.3. Las diferencias entre la mayor y la menor inversión nacional es de 10.000 veces (usando el monto del último año) y asciende a 21.625 veces si se comparan los montos promedios de la década. La amplificación de las diferencias es consecuencia de una correlación entre diferencias en PIB total y en porcentaje del PIB invertido en C&T. Países con montos mayores de PIB tienden a invertir en un mayor porcentaje en C&T (comparar Tablas N°s 2.1 y 2.2), mientras que aquellas con menores ingresos PIB, por otras urgencias de desarrollo, tienden a invertir un menor porcentaje del PIB. Así se generan situaciones circulares, de difícil solución, especialmente cuando se considera que la inversión en C&T tiene una relación directa con desarrollo.

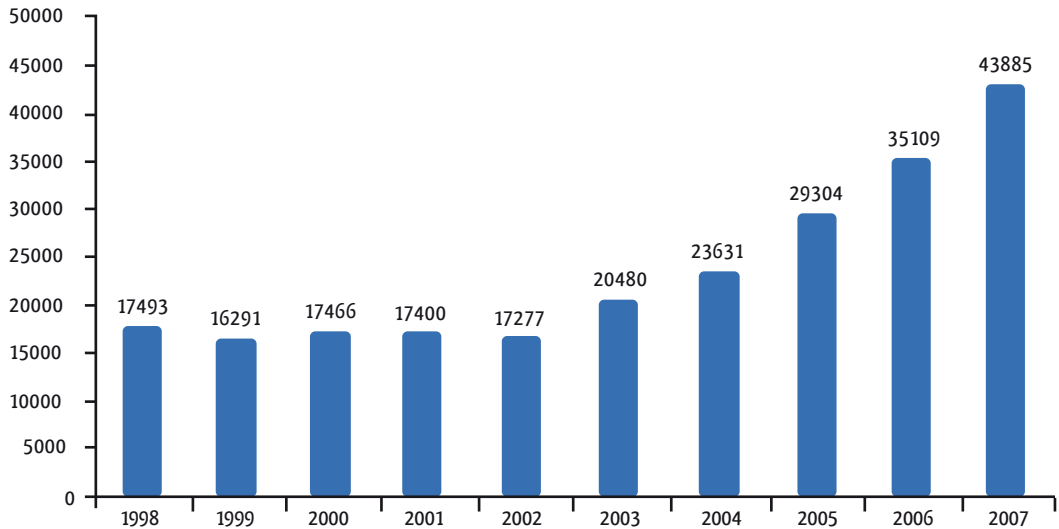
Tabla N° 2.3. Inversión en Ciencia y Tecnología en los países de Iberoamérica, expresada en millones de dólares americanos.

País	Promedio anual de la década	Último año registrado
Nicaragua	0,4	1,8 (2002)
Honduras	1,4	3,7 (2004)
El Salvador	2,3	17,8 (2007)
Paraguay	2,3	6,5 (2005)
Guatemala	4,0	19,8 (2007)
Bolivia	14,0	21,9 (2002)
Ecuador	19,0	66,8 (2007)
Panamá	38,2	39,2 (2007)
Perú	40,8	100,5 (2004)
Uruguay	41,0	101,5 (2007)
Costa Rica	43,6	81,8 (2007)
Cuba	177,1	255,6 (2007)
Colombia	199,9	275,5 (2007)
Chile	327,1	644,7 (2004)
Argentina	1.008,6	1.332,5 (2007)
Venezuela	1.109,3	6.130,0 (2007)
Portugal	1.200,0	2.666,8 (2007)
México	1.907,6	3.495,5 (2005)
Brasil	5.720,8	14.649,9 (2007)
España	8.650,3	18.163,9 (2007)
Total	20.507,1	48.074,7

Fuente: RICYT

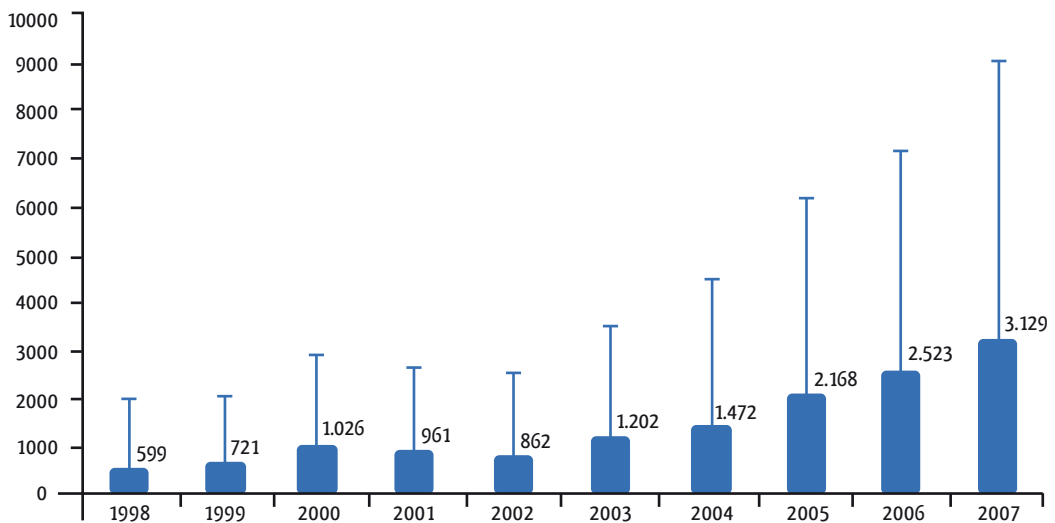
Un efecto práctico de esta situación es que la mayor parte de las tendencias globales en inversión durante la década están determinadas muy fuertemente por los cambios ocurriendo en unos pocos países. A manera de ejemplo, usando cualquiera de los dos indicadores en la Tabla N° 2.3 (monto promedio de la década o monto del último año registrado), cercano al 80% del total de la inversión está determinado por los 3 ó 4 países con mayor inversión y que están ubicados al final de la Tabla N° 2.3.

Una comparación del monto promedio de inversión en la década con aquella del último año muestra que en casi todos los países considerados, ha habido un incremento hacia finales del período consignado. En algunos países (por ej. España, Brasil, México, Portugal, Venezuela, Chile) la diferencia ha sido igual o superior a 100%, indicando un incremento de significación.



Fuente: RICYT

Fig. 2.1. Inversión total (millones de dólares americanos) en C&T en Iberoamérica.

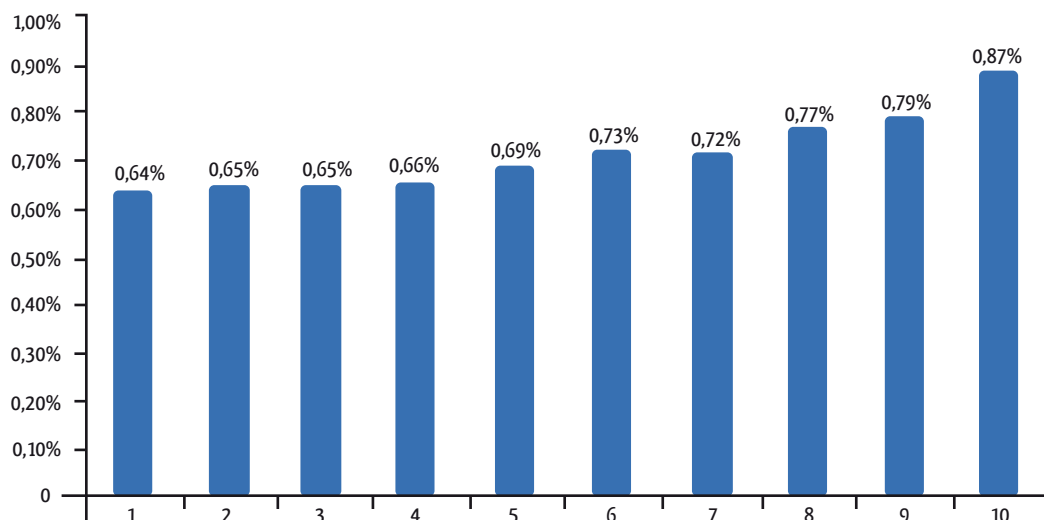


Fuente: RICYT

Fig. 2.2. Inversión promedio por país en C&T en Iberoamérica (promedio de millones de dólares +1 error standard).

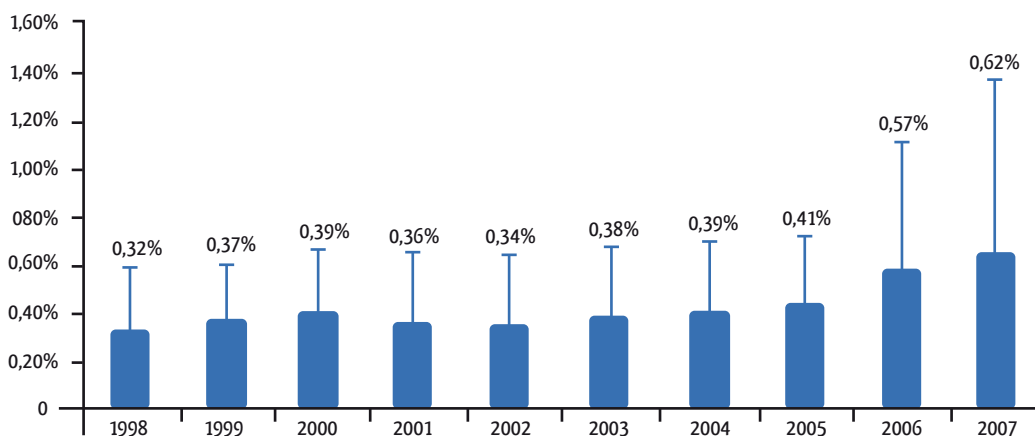
Esto también se ve reflejado en las Figuras 2.1 y 2.2, que muestran el patrón de cambio de la inversión total y la inversión promedio en C&T en Iberoamérica en la década 1998-2007. El incremento en inversión real aumentó 150% en la década, pasando de casi 17.500 millones de dólares en 1998 a cercano a 44 mil millones en 2007. En términos de valores promedios por país, el monto ascendió desde 800 a 3.130 millones de dólares. Este incremento de 343% en una década debe ser ma-

nejado en forma cuidadosa porque, como se señaló previamente, está basado sobre diferencias muy significativas entre países, lo que es avalado por la magnitud de las desviaciones de estos promedios.



Fuente: RICYT

Fig. 2.3. Inversión total en C&T en países de Iberoamérica durante el período 1998-2007 como porcentaje del valor total del PIB.



Fuente: RICYT

Fig. 2.4. Inversión en C&T en Iberoamérica durante la última década calculada como porcentaje promedio de los respectivos PIB nacionales.

Este incremento de recursos también se visualiza cuando se calcula la inversión total como porcentaje del PIB, sea que este cálculo se realice como gasto total en función del PIB total (Fig. 2.3) o como promedios de inversiones nacionales en función de sus respectivos valores del PIB (Fig. 2.4). Calculado como porcentaje del valor total del PIB, el incremento en la década equivale a 0,23% del PIB, subiendo de 0,64% en 1998 a 0,87% en 2007. Calculado como porcentaje promedio de los respectivos valores nacionales de PIB (Fig. 2.4), el incremento en la década considerada es levemente mayor que en el caso anterior, alcanzando a un 0,30% del PIB. Sin embargo, los valores anuales son menores que aquellos calculados con valores totales del

PIB, incrementando de 0,32% en 1998 a 0,62% en 2007 y caracterizándose por una variación significativa, cuyo rango aumenta a medida que incrementa el promedio.

2.4. Proyección global de la inversión

Una comparación de la inversión global en Ciencia y Tecnología en distintas regiones del mundo en los años 2002 y 2007 (Tabla N° 2.4) indica que, aunque la inversión en América Latina y El Caribe aumentó en dicho período, su importancia relativa comparada con otras regiones del mundo es menor. Los mayores valores y porcentajes de inversión se realizan en Norteamérica, Europa y Asia, esta última región con el mayor incremento en el quinquenio considerado. Si bien es cierto que estos datos incorporan sólo a América Latina y El Caribe y no consideran las inversiones en Portugal y España, que equivalen a un 36% del total de Iberoamérica en el año 2007 (Tabla N° 2.3), el valor total de la inversión es relativamente menor en el concierto mundial.

Tabla N° 2.4. Valores de inversión en Investigación y Desarrollo en distintas regiones del mundo en los años 2002 y 2007.

	2002		2007	
	Billones US\$	%	Billones US\$	%
Total Mundo	788,5	100	1137,9	100
Norteamérica	297,8	37,8	394,5	34,7
Europa	206,1	26,1	260,9	22,9
África	6,9	0,9	10,4	0,9
Asia	213,3	27,1	371,6	32,7
América Latina y El Caribe	20,7	2,6	33,3	2,9
Oceanía	11,2	1,4	17,8	1,6

Fuentes: UNESCO, Institute for Statistics Estimations, Mayo 2009. World Bank (World Development Indicators, Febrero 2009).

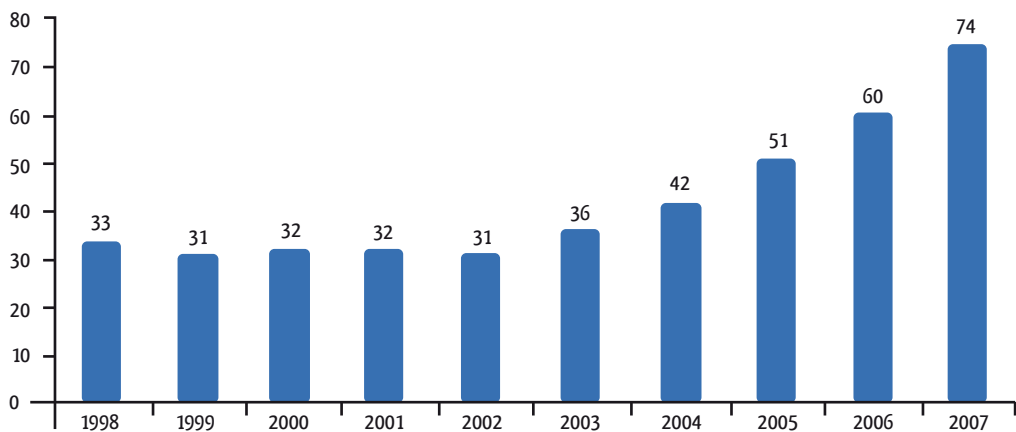


Fig. 2.5. Inversión per capita (dólares americanos por habitante) en C&T en Iberoamérica considerando valores totales de inversión y de población en la década 1998-2007.

Una conclusión similar emerge al comparar la inversión *per capita* en c&t de Iberoamérica con el resto del mundo. Dependiendo como se calcule (Figs. 2.5 y 2.6) el valor estimado para el año 2007 es 75 a 80 dólares por habitante. El valor equivalente en Norteamérica o Europa alcanza a 450-500 dólares por habitante.

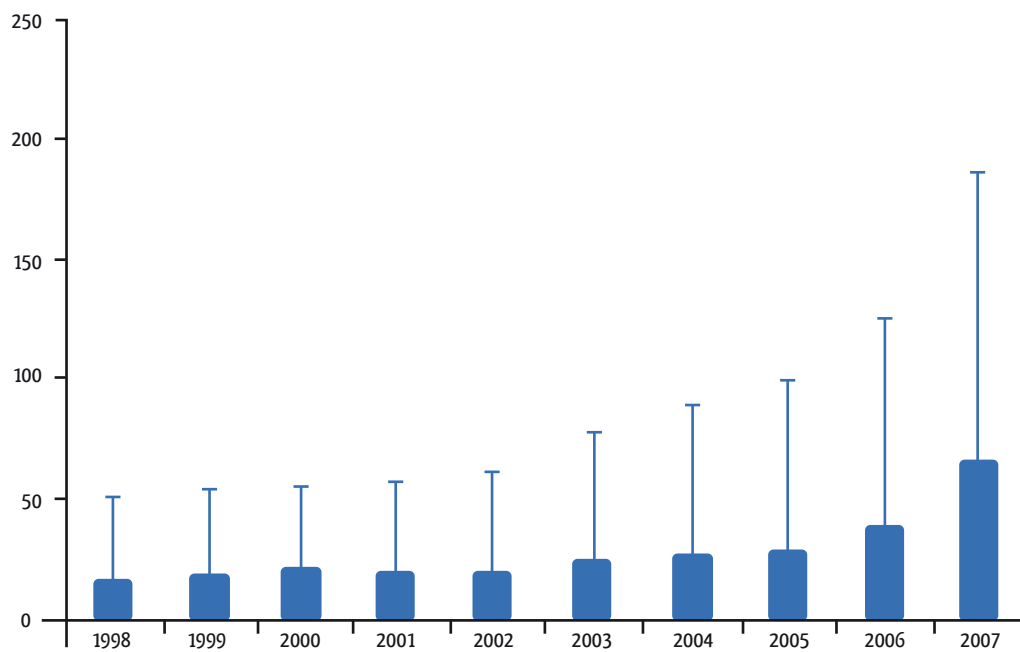


Fig. 2.6. Inversión per capita (dólares americanos por habitante) en c&t en Iberoamérica considerando valores promedio de inversión y de población en la década 1998-2007. Los valores corresponden al promedio y desviación estándar.

2.5. Sectores de financiamiento y ejecución

Los principales sectores de financiamiento y ejecución en Iberoamérica son el Estado, las empresas y las instituciones de Educación Superior. La importancia relativa de las instituciones extranjeras (Cooperación Internacional) y de los organismos privados sin fines de lucro es menor al 4% del monto total de inversión.

La importancia relativa de los otros tres sectores de financiamiento y ejecución ha variado a lo largo de la década (Fig. 2.7). El sector gobierno ha mantenido relativamente constante su aporte de financiamiento, el que ha variado de 53.1% del total de la inversión iberoamericana en c&t en 1998 a 51% en 2007. Aunque los valores porcentuales son relativamente constantes, debido al incremento en inversión total durante la década, el sector gobierno de la región ha aumentado su contribución desde 9.388 millones de dólares en 1998 a 22.881 millones en 2007. Esto equivale a un incremento de 141% en la década.

Si bien, el sector gobierno mantuvo relativamente constante su aporte al financiamiento, su contribución a la ejecución de la inversión, bajó de 22.9% en 1998 a 17.6% en 2007.

El sector Educación Superior, por su parte, se caracteriza (Fig. 2.7) por una baja importancia en financiamiento, que no sobrepasa el 5% de la inversión total en

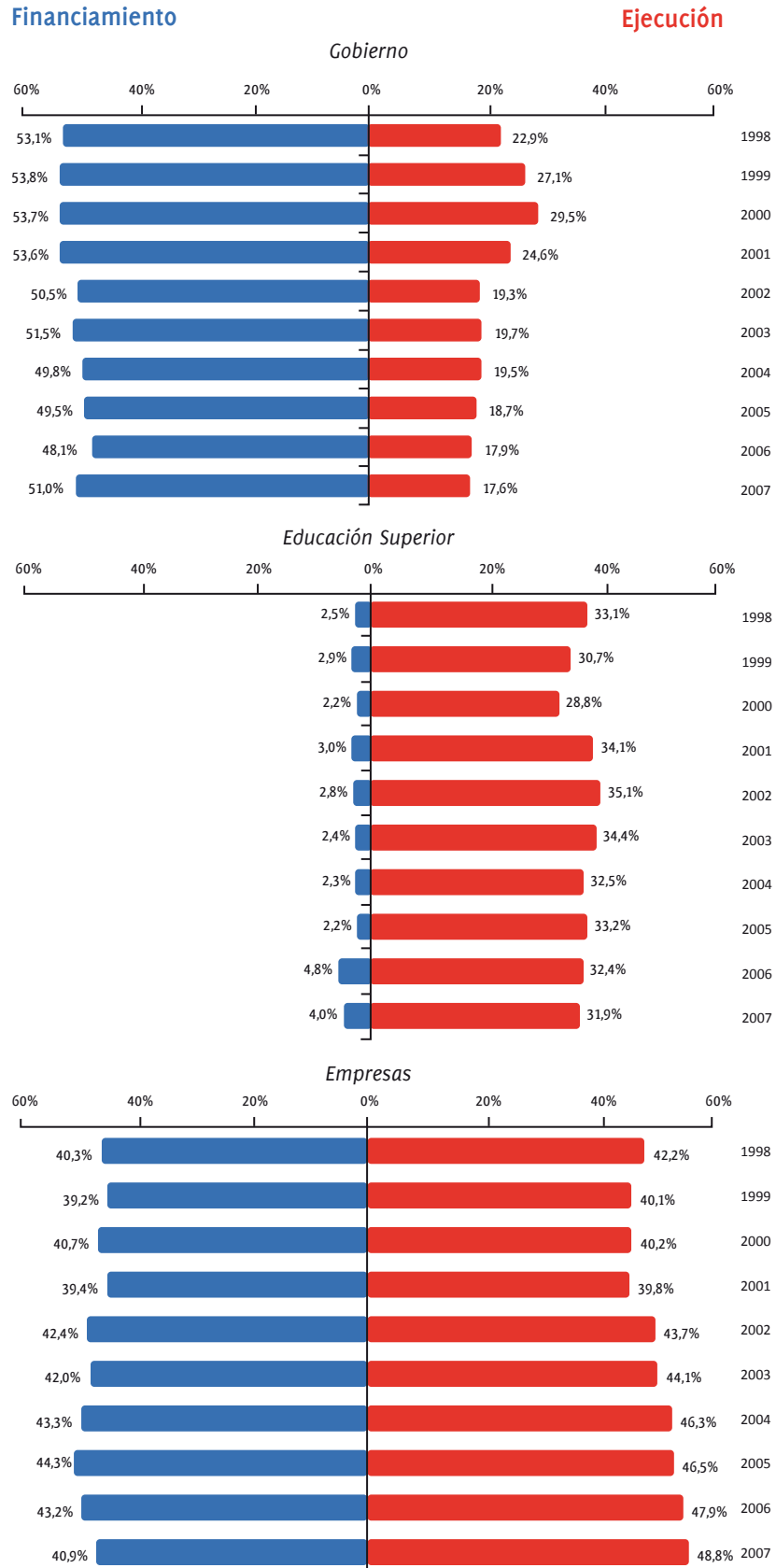


Fig. 2.7. Comparación entre el financiamiento (barra azul) y la ejecución (barra roja) de la inversión en C&T en Iberoamérica en los sectores Gobierno, Educación Superior y Empresas

C&T. Según lo explicado previamente, estos recursos corresponden preferentemente a retornos por servicios prestados por el sector universitario que luego permiten aumentar los recursos para C&T. Existe un pequeño incremento en el volumen de los recursos en los dos últimos años de la década, pero análisis futuros determinarán si esto constituye una tendencia estadísticamente significativa.

El sector Educación Superior alcanzó una mayor importancia en la ejecución de recursos, con valores que durante la década incrementaron gradualmente de 32 a 38,8%, lo que significa un aumento de 11.079 millones de dólares.

El sector Empresas muestra aumentos a lo largo de la década, tanto en actividades de financiamiento como de ejecución. El incremento en las actividades de financiamiento es un tanto variable (Fig. 2.7), pero hay una tendencia al aumento de 3-4% del financiamiento total (unos 11.800 millones de dólares). El incremento experimentado en las actividades de ejecución, sin embargo, alcanzan a más del doble de dicho valor y significan que la ejecución por parte del sector empresas no está aumentando sólo por su propia inversión, sino que está también apropiando y ejecutando recursos aportados por el sector Gobierno.

2.6. *Destino de la Inversión*

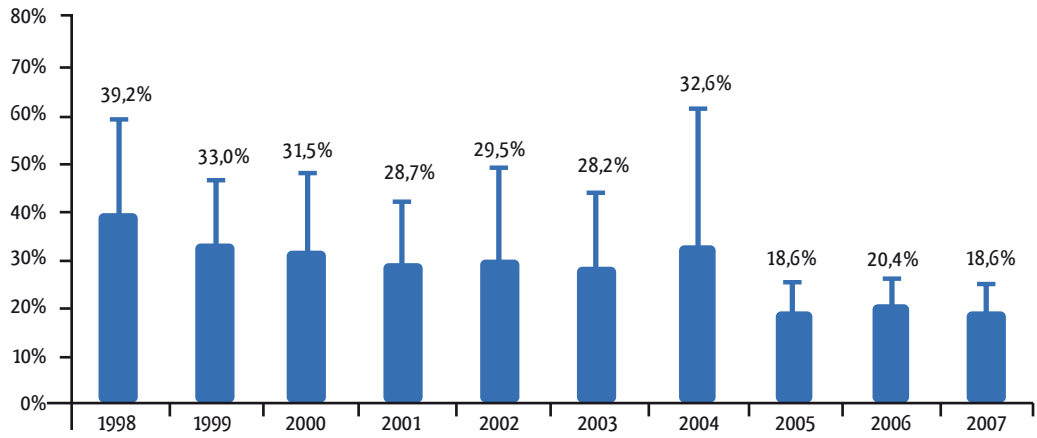
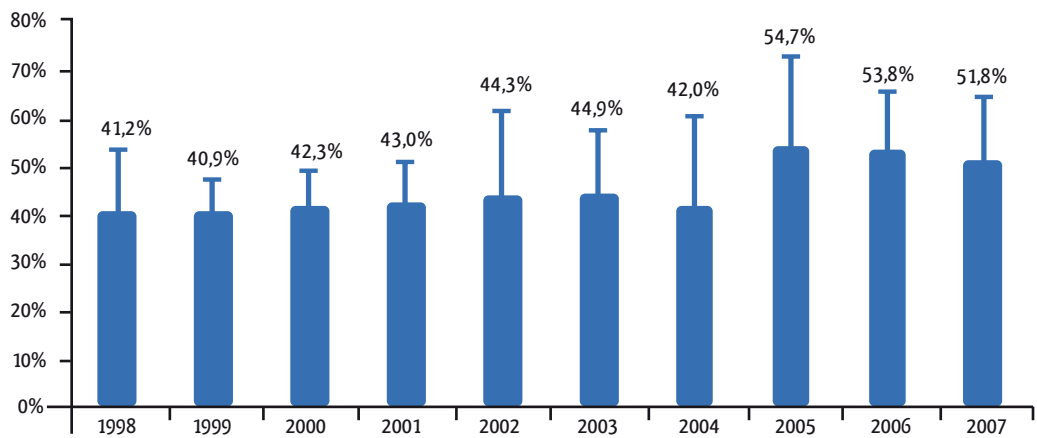
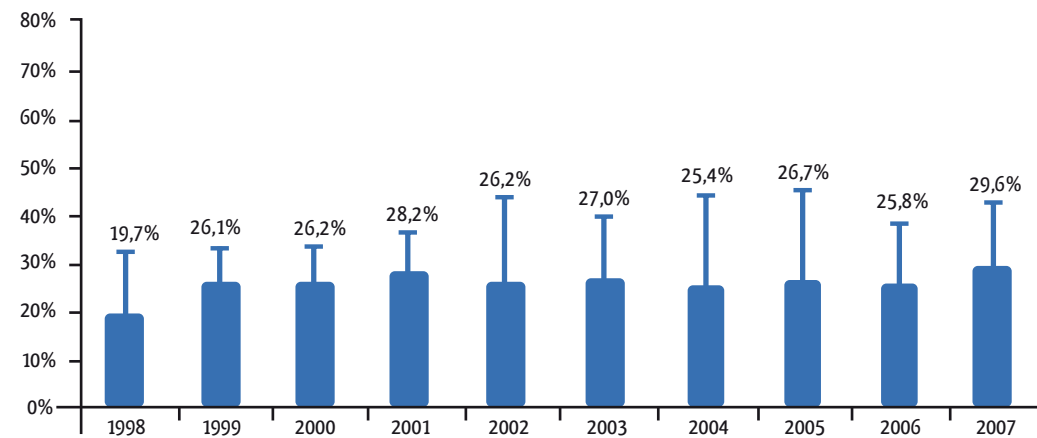
La mayor parte (41,2%-51,8%) de la inversión en C&T en Iberoamérica se está orientando a investigación aplicada (Fig. 2.8). El desarrollo experimental alcanza valores cercanos al 30% del total de la inversión y ha mostrado un aumento gradual durante la década. Por su parte, la investigación básica muestra una reducción sostenida, disminuyendo su importancia relativa de 39% en 1998 a 18% en 2007.

Un análisis de las disciplinas con mayor inversión muestra que los recursos se orientan prioritariamente (Tabla N° 2.5) a tecnología agrícola e industrial, salud humana (medicina) y geología, y en menor importancia a energía y medio ambiente. Llama la atención en este esquema de distribución la inversión relativamente menor en infraestructura, una necesidad que es transversal a numerosas áreas de investigación y desarrollo. (Ver tabla 2.5 en página siguiente)

2.7. *Principales conclusiones sobre Inversión en C&T en Iberoamérica en la década 1998-2007*

Los resultados muestran una heterogeneidad significativa entre países con respecto a montos totales de PIB y a porcentajes de PIB invertidos en C&T. Como consecuencia, las diferencias entre inversiones nacionales en los países de la región ascienden a 11 mil veces si se consideran los últimos valores registrados, diferencias que se amplifican cercano a 22.000 veces entre la mayor y menor inversión si se consideran los montos nacionales promedios de inversión de la última década. Más aún, un número pequeño (3-7) países representan el 75-80% de la inversión total en C&T para la región, lo que dificulta generalizaciones y la formulación de políticas unitarias para estimular el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la región.

A pesar de esta heterogeneidad, es posible formular unos pocos patrones generales. En la última década ha habido un incremento de inversión en C&T esti-

Investigación básica**Investigación aplicada****Desarrollo experimental**

Fuente: RICYT

Fig. 2.8. Inversión en c&t de acuerdo al tipo de actividad. Los valores corresponden a promedios y una desviación estándar.

Tabla 2.5. Inversión en C&T en Iberoamérica. Destino de los recursos.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Tecnología Agrícola										
PROM	32,4%	25,8%	29,6%	30,8%	27,9%	29,9%	24,1%	25,7%	25,5%	15,1%
D.E.	20,7%	23,2%	26,2%	25,5%	19,4%	20,7%	22,5%	24,1%	19,2%	14,8%
Tecnología Industrial										
PROM	8,9%	14,8%	13,3%	15,9%	17,7%	19,8%	20,3%	16,6%	18,2%	18,4%
D.E.	7,5%	9,1%	9,8%	11,4%	11,4%	11,2%	13,2%	14,1%	12,3%	11,2%
Salud Humana										
PROM	9,0%	7,6%	6,3%	7,0%	10,4%	11,9%	14,2%	13,5%	9,1%	10,8%
D.E.	7,8%	5,6%	4,7%	4,1%	6,3%	6,5%	9,3%	7,3%	6,5%	7,1%
Geología										
PROM	7,4%	9,7%	9,3%	9,4%	7,3%	9,7%	10,9%	9,1%	6,9%	5,1%
D.E.	5,7%	12,5%	12,3%	11,9%	11,1%	14,3%	13,4%	12,4%	9,8%	8,1%
Medio Ambiente										
PROM	9,5%	5,6%	4,4%	7,7%	8,0%	8,2%	7,6%	7,3%	10,1%	11,1%
D.E.	6,7%	1,7%	2,8%	8,3%	6,3%	5,3%	5,5%	3,4%	9,8%	9,3%
Infraestructura										
PROM	3,1%	5,5%	6,2%	6,1%	4,2%	4,0%	4,8%	4,6%	6,5%	6,0%
D.E.	2,2%	4,2%	3,1%	3,9%	4,5%	3,3%	3,9%	4,3%	5,3%	5,8%
Energía										
PROM	2,0%	3,1%	2,3%	2,2%	1,4%	1,9%	3,0%	3,0%	2,6%	3,4%
D.E.	2,5%	2,5%	1,7%	1,3%	1,5%	1,7%	2,7%	2,0%	1,2%	1,8%
Defensa										
PROM	1,4%	1,2%	1,4%	1,2%	1,1%	1,3%	1,5%	1,5%	1,4%	1,1%
D.E.	1,9%	1,4%	1,5%	1,2%	1,4%	1,7%	1,8%	1,8%	1,8%	1,6%
Ciencias Sociales										
PROM	9,2%	5,7%	4,6%	8,4%	5,5%	6,4%	6,5%	9,5%	7,4%	9,4%
D.E.	9,6%	5,4%	3,5%	6,7%	3,4%	3,0%	2,6%	8,9%	6,4%	9,6%

Fuente: RICYT

mada en un 150% (una diferencia de 26.500 millones de dólares anuales), equivalente a un incremento de 0,23-0,30% del PIB. A pesar de este notable incremento, la contribución mundial a la inversión en C&T de Iberoamérica no sobrepasa el 4% del total mundial y su inversión *per capita* en C&T aún no sobrepasa los 100 US dólares por año.

El financiamiento de este gasto corresponde principalmente al sector Gobierno (51%) y a las Empresas (41%). Los principales sectores de ejecución, por su parte, son la Educación Superior (39%) y el sector Empresas, el que en la última década ha incrementado gradualmente su importancia, alcanzando casi el 50% de ejecución en 2007.

La inversión en C&T en Iberoamérica está siendo orientada principalmente a investigación aplicada y en menor grado a desarrollo experimental. Los porcentajes de inversión en ciencia básica han disminuido consistentemente a lo largo de la década, alcanzando niveles menores a 20% en el año 2007.

Varias disciplinas aplicadas, como tecnología agrícola, tecnología industrial, medicina y geología aparecen como las áreas con mayor contribución porcentual de recursos. Llama la atención la baja importancia relativa de infraestructura, a pesar de su relevancia transversal a varias áreas y disciplinas de investigación.

3. Recursos humanos para investigación y desarrollo en Iberoamérica en la década 1998-2007

Introducción

Existen varias formas de comparar la cantidad de personal altamente calificado dedicado a investigación y desarrollo en una región dada. La forma más primaria consiste en comparar números totales. Aunque dicha información entrega una idea del potencial de creación y aplicación del conocimiento en un área determinada, ella no considera otras condicionantes que deben ser consideradas en comparaciones de este tipo. Por ejemplo, no se toma en cuenta el tamaño total de la población de un determinado país, ni el nivel de desarrollo local, pese a que ambos factores tienen mucha importancia sobre la densidad resultante de investigadores.

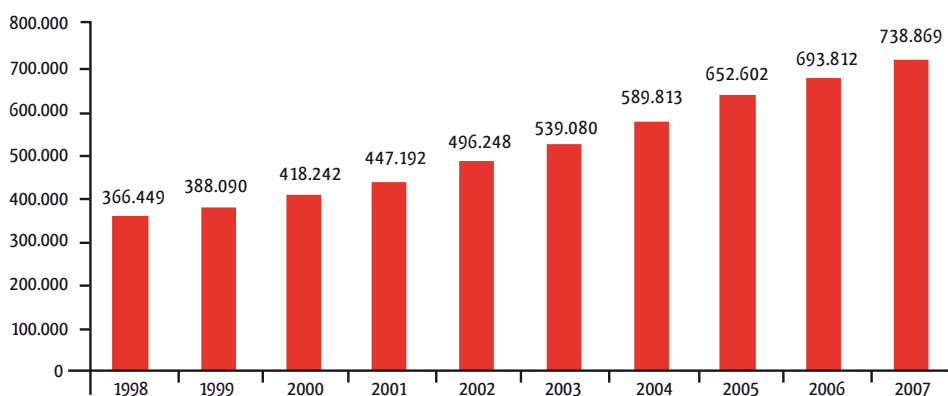
A lo anterior se debe sumar una consideración de tiempo de dedicación de los científicos y tecnólogos al trabajo de investigación y desarrollo. Por ello, más que número de personas con frecuencia se contabiliza los equivalentes en jornadas completas (JCE) dedicadas a un determinado trabajo y a menudo este se expresa ya sea como número total o, más propiamente, como número de JCE en relación a la fuerza laboral de la región bajo análisis.

Como se explicitó en el primer capítulo de este trabajo, una función de máxima importancia de las poblaciones locales de investigadores, científicos y tecnólogos, radica en su capacidad de incorporar y traducir para el país la información que en sus respectivos campos está siendo producida en otros lugares del mundo. Además

de su trabajo propio de investigación, los investigadores locales tienen el rol, de acuerdo a las funciones de la ciencia antes descritas, de mantener conocimientos actualizados traslapables a los profesionales que se forman en las aulas universitarias. En regiones o países donde el número de este personal es desproporcionadamente menor que otras regiones del mundo, el aporte formativo de los investigadores alcanza una proyección social mayor que la propia función creativa que estos científicos y tecnólogos pueden realizar en sus respectivas regiones.

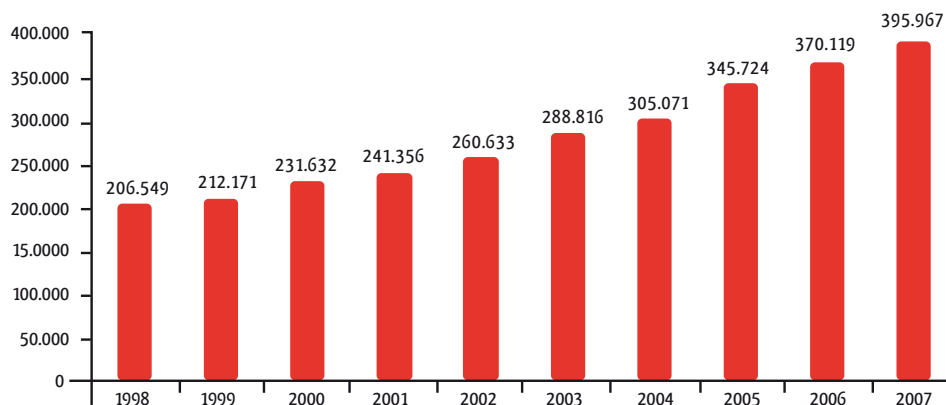
3.1. Estimaciones de abundancia de científicos y tecnólogos

En la última década, el número total de científicos y tecnólogos trabajando en países de Iberoamérica se ha duplicado (incremento de 101%), incrementando de 366.500 en 1998 a 738.869 en el año 2007 (Fig. 3.1). Un incremento similar ocurre al calcular el número de equivalentes a jornadas completas (JCE). Si bien el número de JCE equivale sólo a un 53-60% del número total de personas, las JCE muestran un aumento de 92% en la década (Fig. 3.2). Así, el número de personas trabajando en C&T en Iberoamérica se acercaba en 2007 a $\frac{3}{4}$ de un millón de científicos y tecnólogos, con un equivalente a casi 400 mil jornadas completas.



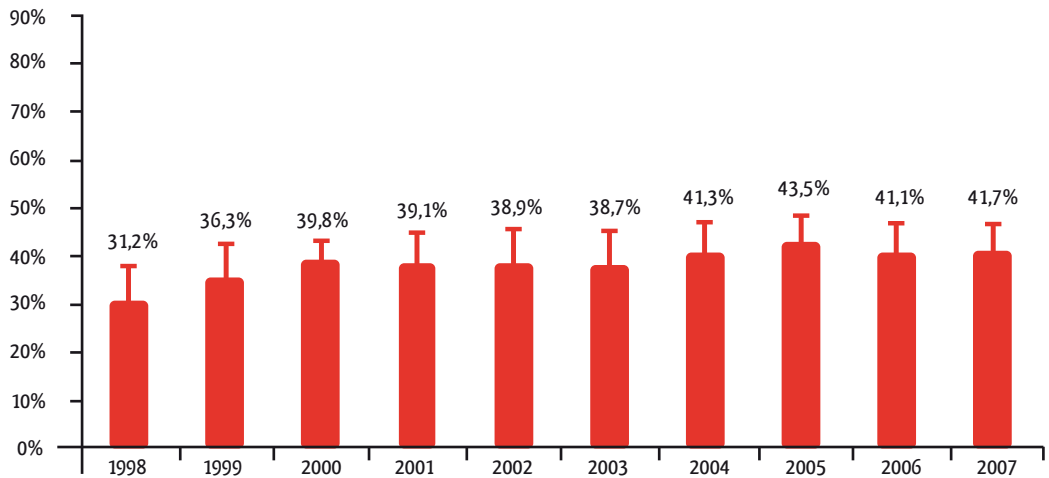
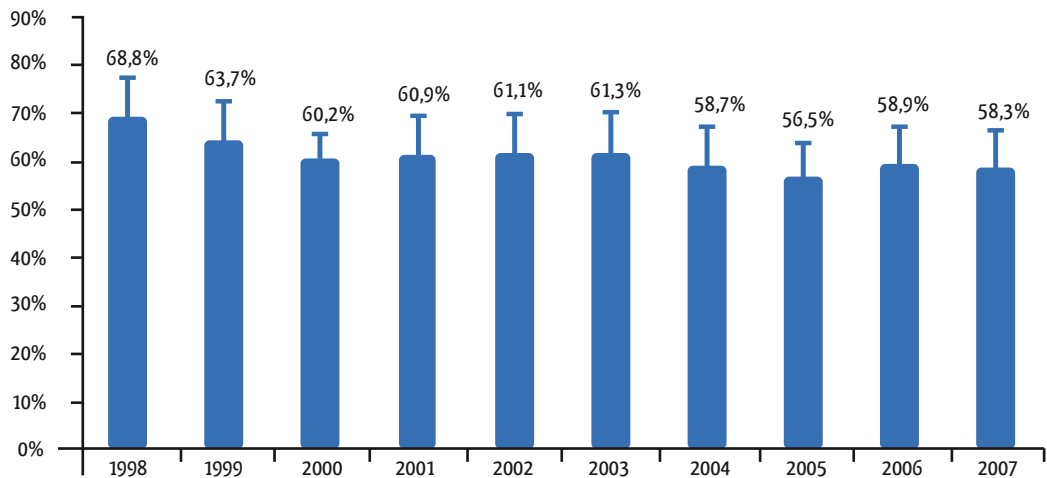
Fuente RICYT.

Fig. 3.1. Número de científicos y tecnólogos trabajando en países de Iberoamérica durante la década 1998-2007.



Fuente RICYT.

Fig. 3.2. Número de Jornadas Completas Equivalentes (JCE) trabajando en ciencia y tecnología durante la década 1998-2007.

Femenino**Masculino**

Fuente RICYT.

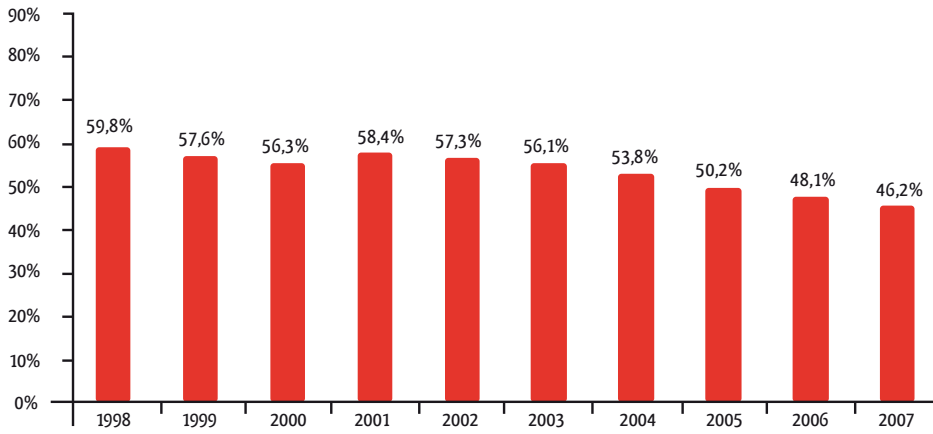
Fig. 3.3. Distribución por género de los trabajadores en producción de conocimiento. Valores corresponden a promedios y una desviación estándar.

La distribución por género de este personal se muestra en la Fig. 3.3. Durante la década, la representación del sexo femenino aumentó sostenidamente desde 31-32% en 1998 a casi 42% en el año 2007. La representación del personal masculino disminuyó proporcionalmente en la década.

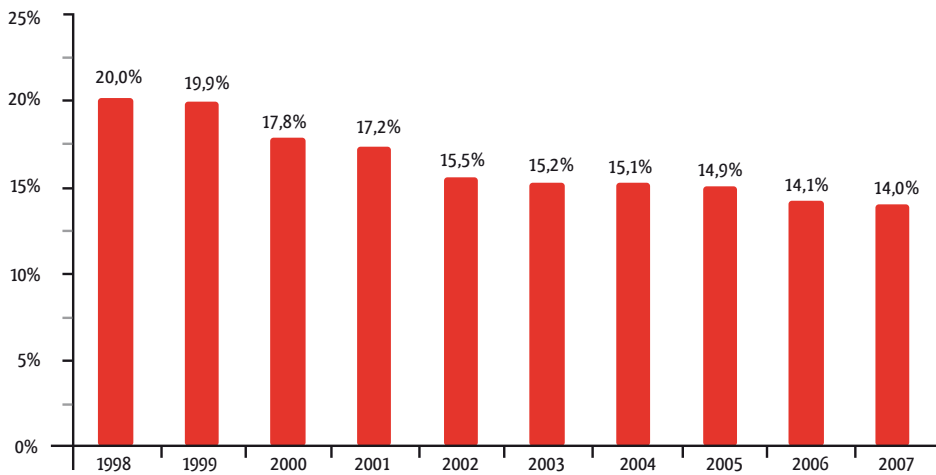
3.2. Sectores de empleo de los trabajadores del conocimiento

Como es esperable a partir de los valores de ejecución de la inversión, la mayor parte de los trabajadores del conocimiento laboran en instituciones de educación superior, empresas o instituciones del gobierno (Fig. 3.4). Sólo un 2-3% de estos trabajadores pertenecen a organismos privados sin fines de lucro.

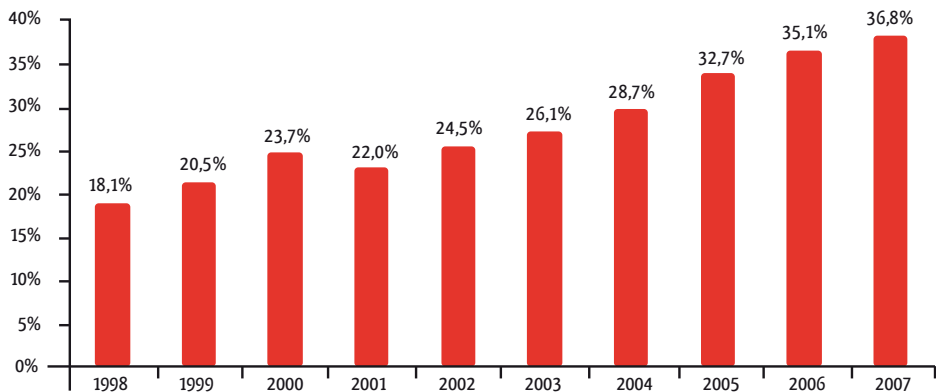
Educación superior



Gobierno



Empresas



Fuente RICYT.

Fig. 3.4. Distribución institucional de científicos y tecnólogos en Iberoamérica durante la década 1998-2007.

El patrón de cambio en la abundancia de científicos y tecnólogos durante la década en los tres sectores principales de empleo ha sido un tanto distinto. La mayor parte de este personal está radicado en instituciones de educación superior, las que albergaban, hacia 1998, cercano al 60% del total de trabajadores. A lo largo de la década, sin embargo, la importancia relativa de las instituciones universitarias ha disminuido, albergando hacia 2007 sólo el 46% del total de científicos y tecnólogos (Fig. 3.4).

Un patrón similar de cambio se observa en la importancia relativa de las instituciones de gobierno como sector de empleo de estos trabajadores. A lo largo de la década, su representación disminuyó de 20% en 1998 a 14% en 2007.

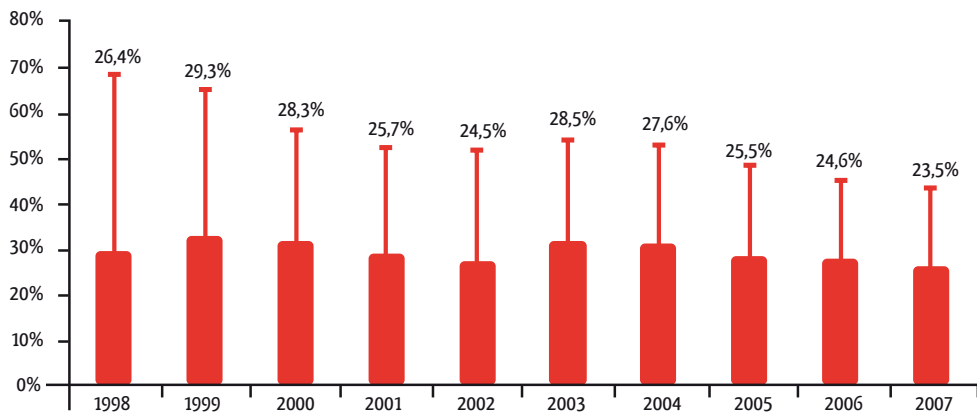
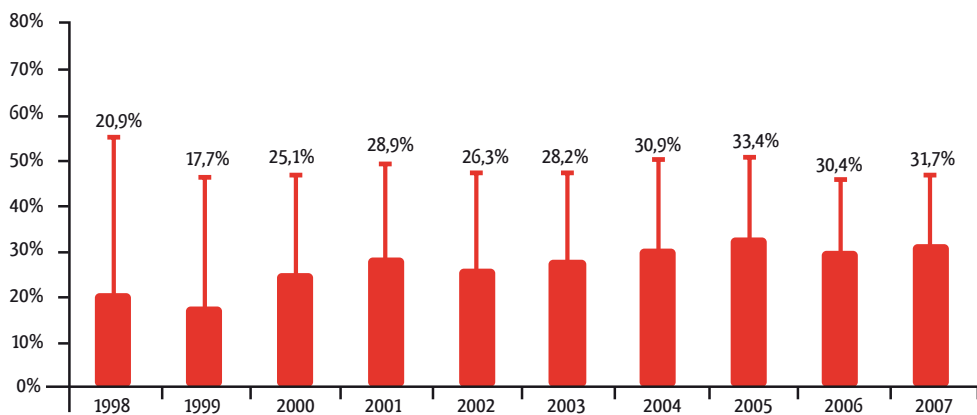
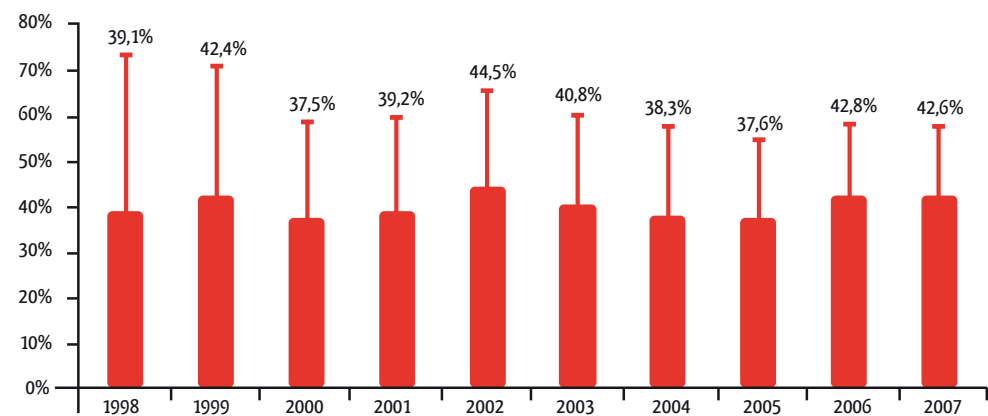
Es necesario enfatizar que estos son cambios relativos de distribución de personal, no de su abundancia total. Debido a que el número total de investigadores a lo largo de la década (medido como JCE) incrementó en un 92%, su abundancia total en el sector de educación superior subió de 123.500 en 1998 a 182 mil en 2007. Algo similar ocurrió con el sector gobierno, donde los científicos y tecnólogos (JCE) aumentaron de 41.300 en 1998 a 55.400 en el año 2007.

El patrón de cambio en el sector empresas ha sido distinto a los otros dos sectores. La abundancia relativa de científicos y tecnólogos en este sector ha aumentado consistentemente a lo largo de la década, desde 18,1% en 1998 a 36,8% en el año 2007. En término de JCE, el cambio en distribución ha significado un incremento de 37.385 JCE en 1998 a 145.000 en 2007, lo que equivale a un 310% de aumento en el período.

3.3. *Niveles de formación de los investigadores*

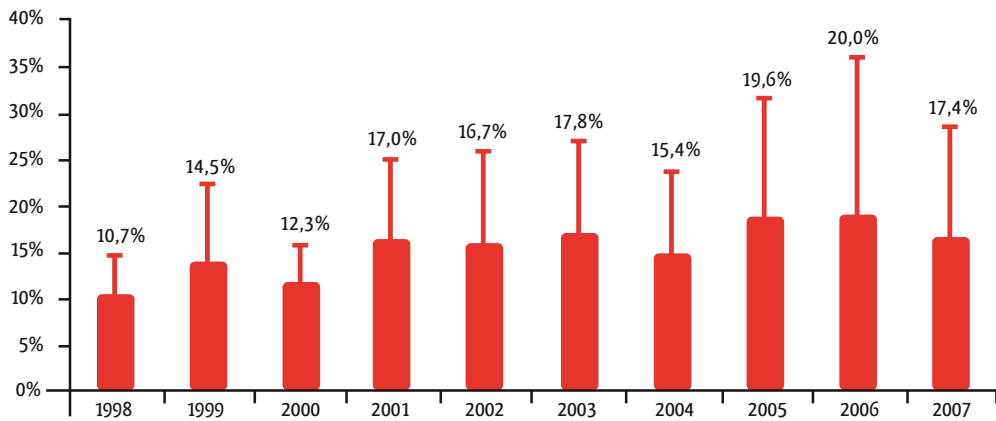
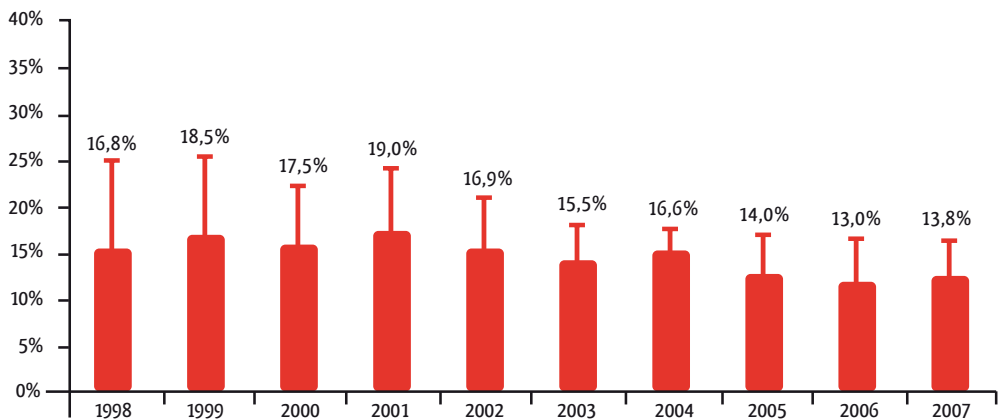
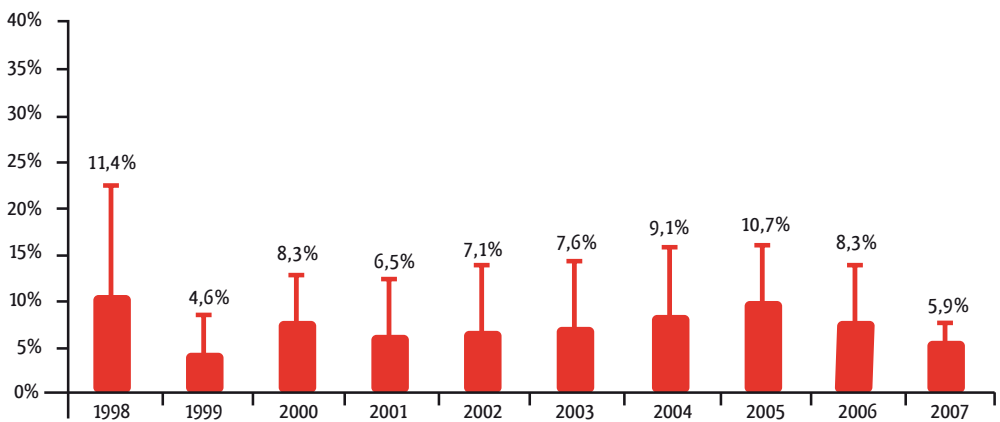
El análisis del nivel de formación de personas trabajando en investigación y desarrollo en Iberoamérica indica 4 tipos principales de formación, a saber: doctorado, magíster o maestría, licenciatura y formación profesional. Este último comprende un 3 a 5% del personal involucrado y su importancia relativa ha permanecido constante durante la década, por lo que no ha sido incorporado en la Fig. 3.5. Los datos en dicha figura indican que aproximadamente un cuarto de las 740.000 personas trabajando en C&T en Iberoamérica cuentan con entrenamiento doctoral (unos 185.000). Su abundancia relativa ha disminuido levemente a lo largo de la década, de un 26-29% en 1998-2000 a 23-25% en los últimos años. Sin embargo, considerando el incremento de científicos y tecnólogos durante la década, este cambio ha significado un incremento desde 106 mil doctores a finales de los 90's a 180 mil en el período 2006-2007. Estas cifras indican un incremento neto de 60% en el período.

La importancia relativa de científicos y tecnólogos con formación de magíster (o maestría) ha aumentado sostenidamente en la década, desde un 20,9% del total de personas en 1998 hasta un 32% en los años 2006-2007, mientras que el total del personal con formación de licenciado que trabaja en investigación y desarrollo ha mostrado un aumento leve, de 39% en 1998 a 43% en el año 2007.

Doctorado**Maestría****Licenciatura**

Fuente RICYT.

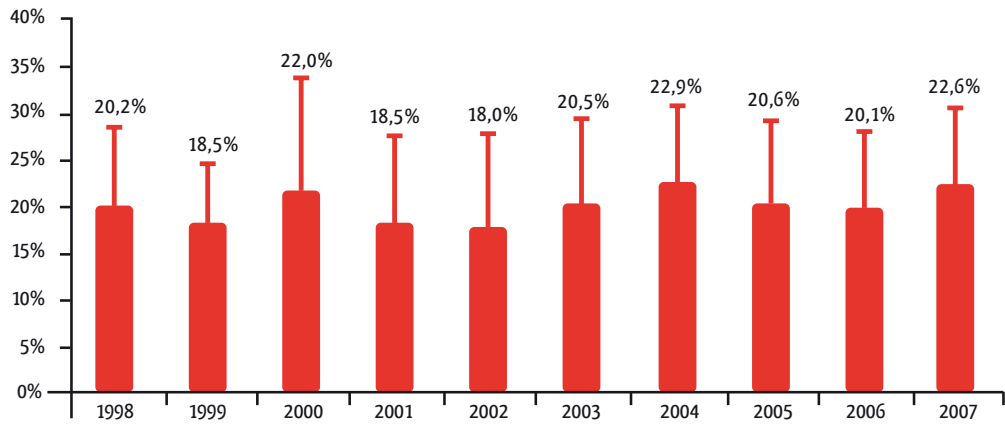
Fig. 3.5. Nivel de formación de los investigadores en Iberoamérica. Valores corresponden a promedios y una desviación estándar.

Ciencias agrícolas**Ciencias médicas****Humanidades**

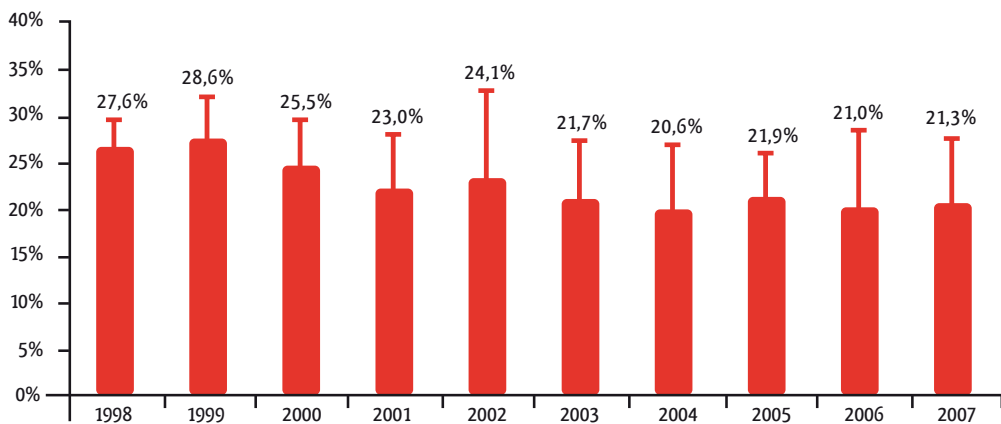
Fuente RICYT.

Fig. 3.6. Distribución de investigadores, científicos y tecnólogos en Iberoamérica ordenados por la disciplina científica que cultivan. Valores corresponden a promedios y una desviación estándar.

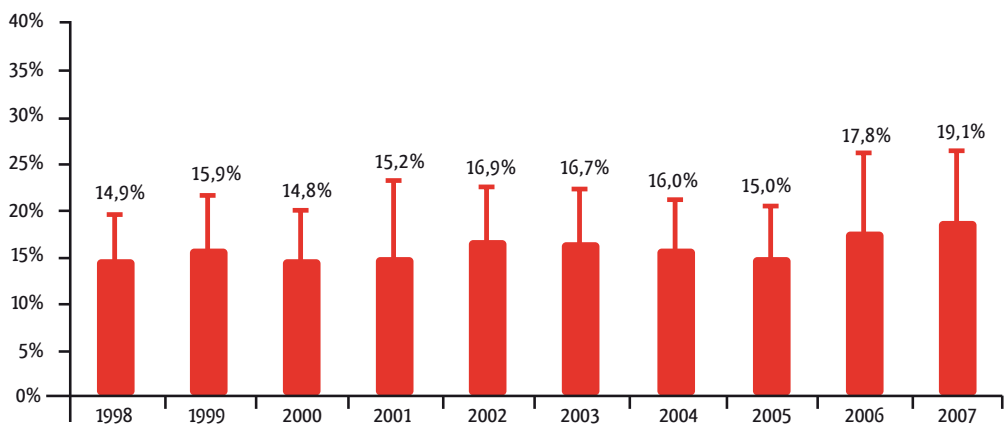
Ciencias sociales



Ciencias naturales y exactas



Ingeniería y tecnología



Fuente RICYT.

Fig. 3.6. (Continuación). Distribución de investigadores, científicos y tecnólogos en Iberoamérica ordenados por la disciplina científica que cultivan. Valores corresponden a promedios y una desviación estándar.

3.4. Distribución de científicos y tecnólogos por disciplina de actividad

El patrón de distribución de científicos y tecnólogos de Iberoamérica de acuerdo a la disciplina que cultivan (Fig. 3.6) indica una mayor concentración de trabajadores en las ciencias naturales y exactas 21-27% y, en las ciencias sociales (20-22%). Su representación en las ciencias de la ingeniería y tecnología (16-19%) y las ciencias médicas (16-18%) es intermedia, mientras que el porcentaje de personas trabajando en humanidades (5-10%) y ciencias agrícolas (10-15%) es menor.

La abundancia relativa de científicos y tecnólogos en sus respectivas disciplinas a lo largo de la década es relativamente estable, aunque se visualizan algunas tendencias sostenidas de cambio en unas pocas disciplinas. La importancia relativa del número de científicos y tecnólogos trabajando en ciencias médicas y en ciencias naturales y exactas está gradualmente reduciéndose, mientras el número de personas trabajando en ciencias agrícolas aumentó hacia finales de la década.

3.5. Valores de proyección global

Una comparación de la abundancia de investigadores en distintas regiones del mundo (Tabla N° 3.1) indica que, a pesar del esfuerzo realizado en Iberoamérica en la última década, América Latina y El Caribe no constituyen más del 4% de la fuerza laboral mundial en ciencia y tecnología. Si se incorpora a España y Portugal, el valor aumenta a un 5,6% de la fuerza laboral mundial en C&T. Estos valores son poco comparables con aquellos existentes en Norteamérica, la Unión Europea o Asia. Al igual que lo ya descrito en el capítulo de inversión, mientras Iberoamérica avanza en estos desarrollos, también lo están haciendo otras regiones del mundo, y con una cantidad mayor y más diversa de recursos y acciones.

Tabla N° 3.1 Comparación del número de científicos y tecnólogos trabajando en Iberoamérica con aquel descrito para distintas regiones del mundo en los años 2002 y 2007.

Región	Año 2002		Año 2007	
	N°	% del total	N°	% del total
Mundo	5.774.300	100	7.093.600	100
Norteamérica	1.453.900	25,2	1.571.600	22,2
América Latina y El Caribe	166.000	2,9	256.500	3,6
Unión Europea	1.170.500	20,3	1.339.900	18,9
África	132.900	2,3	162.800	2,2
Asia	2.058.600	35,7	2.940.200	41,4
Oceanía	118.500	2,1	145.500	2,2

Fuente: UNESCO Institute for Statistics, Mayo 2009. World Development Indicators (Febrero 2009).

Como se mencionó anteriormente, un indicador más certero de la abundancia de trabajadores en C&T, es el índice de número de investigadores por número de habitantes (investigadores por millón de habitantes). La Tabla N° 3.2 muestra los respectivos valores para distintas regiones del mundo en dos momentos en el tiempo,

los años 2002 y 2007. En dicho periodo el promedio mundial subió en 144 personas, de 919 a 1.063 investigadores, por millón de habitantes. El correspondiente valor para América Latina y El Caribe fue de 310 investigadores en 2002, subiendo en 139 investigadores por millón de habitantes en el período de 5 años. En términos totales, el incremento está cercano al promedio mundial. Sin embargo, los valores basales de 2002 son sólo un tercio del promedio mundial. Siendo el valor basal tan pequeño, el porcentaje de incremento experimentado por América Latina y El Caribe es el mayor entre las distintas regiones del mundo. Ello denota, sin duda, la magnitud del esfuerzo para incrementar el número de investigadores en la última década, pero también refleja la baja densidad de investigadores con que cuenta la región.

Tabla N° 3.2. Número de investigadores por millón de habitantes en distintas regiones del mundo en los años 2002 y 2007.

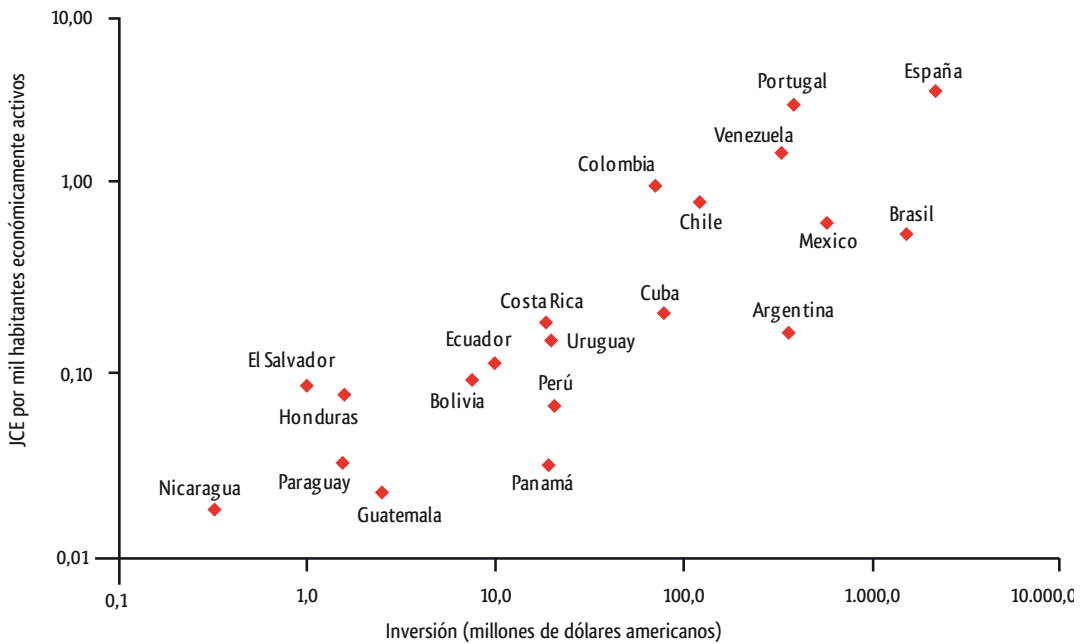
	2002	2007	Diferencia	% de incremento
Promedio Mundial	919	1.063	144	15,6
Norteamérica	4.527	4.654	127	2,8
América Latina y El Caribe	310	449	139	44,8
Unión Europea	2.420	2.720	300	12,4
África	155	169	14	9
Asia	550	741	191	34,7
Oceanía	3.717	4.262	550	14,81

Fuente: UNESCO Institute for Statistics, Mayo 2009. World Development Indicators (Febrero 2009).

Un análisis de los valores correspondientes para otras regiones del mundo (Tabla N° 3.2) indica las notables diferencias entre nuestra región y aquellas económicamente desarrolladas. Norteamérica, la Unión Europea y Oceanía sobrepasan en 2 a 5 veces el promedio mundial y en 5 a 10 veces los valores mostrados por América Latina y El Caribe.

Un último punto a considerar se refiere a las velocidades de crecimiento. A pesar que los valores de crecimiento porcentual no lo reflejan (Tabla N° 3.2), tanto Norteamérica como la Comunidad Europea y Oceanía muestran altos niveles de incremento en el número de científicos y tecnólogos en el período de 5 años. Mientras el promedio mundial subió 144 investigadores por millón de habitantes, la Comunidad Europea duplicó y Oceanía cuadruplicó ese valor en el mismo período.

De este análisis resulta evidente, que aunque América Latina y El Caribe están haciendo un esfuerzo por incrementar sus recursos humanos en ciencia y tecnología, el cambio está partiendo de una basal notablemente pequeña a nivel mundial y el esfuerzo en la última década está alcanzando sólo lo que son los niveles promedios de incremento.



Fuente RICYT.

Fig. 3.7. Distribución de países iberoamericanos ordenados por su inversión en C&T y por la abundancia de sus investigadores, valores promedio de la década. Venezuela incluye gasto en actividades científicas y tecnológicas. Perú y Cuba incluye número de personas más bien que JCE en Investigación y desarrollo.

3.6. Heterogeneidad en el capital humano para ciencia y tecnología en los países de Iberoamérica

De la misma forma como existe una notable diferencia entre países de la región en los recursos materiales para investigación y desarrollo, tales diferencias también existen con respecto a capital humano (Fig. 3.7). Esta heterogeneidad se origina en las diferencias en tamaños poblacionales en los distintos países junto con las diferencias, ya descritas en el capítulo anterior, en PIB y en porcentajes de este PIB que se invierte en ciencia y tecnología. Ello determina que esencialmente los mismos países que muestran valores pequeños en inversión en C&T, sean también aquellos que muestran una densidad pequeña de científicos y tecnólogos, ya sea en números totales o en valores de JCE. La heterogeneidad es tal que los dos ejes en la Fig. 3.7 debieron ser logarítmicos.

3.7. Principales conclusiones sobre recursos humanos para investigación y desarrollo en Iberoamérica en la década 1998-2007

El análisis de los datos sobre el capital humano de Iberoamérica en ciencia y tecnología muestra que el número de científicos y tecnólogos trabajando en la región se ha duplicado en la última década, alcanzando en el año 2007 un número cercano a $\frac{3}{4}$ de un millón de personas, equivalentes a 400 mil contratos de jornada completa.

Cercano a un 41% de este personal, trabaja en el sector de educación superior, el que ha mostrado una reducción gradual en la década desde un 60% de representación. En forma análoga, la importancia relativa de estos trabajadores en las instituciones de gobierno se redujo de 20 a 14%. Su importancia aumentó en el sector empresas de una importancia relativa de 18 a 36.8% en la década. Medido en JCE, este incremento equivale a la incorporación de sobre 100 mil personas a las empresas iberoamericanas, trabajando en investigación y desarrollo.

Cercano a un 25% de las 740.000 personas trabajando en C&T en Iberoamérica (unas 180.000 personas) cuenta con entrenamiento doctoral. El resto del personal tiene formación de magíster (32%) o licenciado. Ellos trabajan en ciencias naturales (22-29%) y ciencias sociales (20-22%), en ciencias de la ingeniería y tecnologías (hasta un 19%) y en las ciencias médicas (18%). Las humanidades y las ciencias agrícolas tienen menor representación (10-15%).

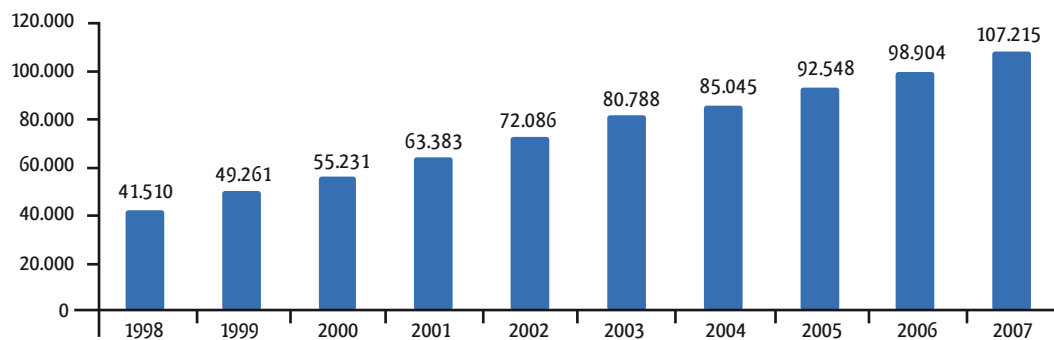
A pesar del esfuerzo realizado en Iberoamérica, duplicando el número de científicos y tecnólogos en una década, la fuerza laboral de la región no sobrepasa el 6% mundial. Durante la década, Iberoamérica creció en capital humano, a velocidades comparables al promedio mundial. Sin embargo, los valores basales desde los que está partiendo son muy inferiores con respecto a otros bloques mundiales, tales como Norteamérica, la Comunidad Europea u Oceanía.

El análisis de capital humano por país muestra notables diferencias entre naciones en Iberoamérica. Más aún, existe coincidencia en los países, siendo los mismos aquellos con cantidades reducidas de inversión en C&T y con capital humano reducido para investigación y desarrollo.

4. Formación de científicos y tecnólogos en la década 1998-2007

4.1. *Números totales de estudiantes*

Durante la década 1998-2007, el número total de estudiantes de postgrado graduados en Iberoamérica incrementó en un 158.3%, de 41.510 en 1998 a 107.215



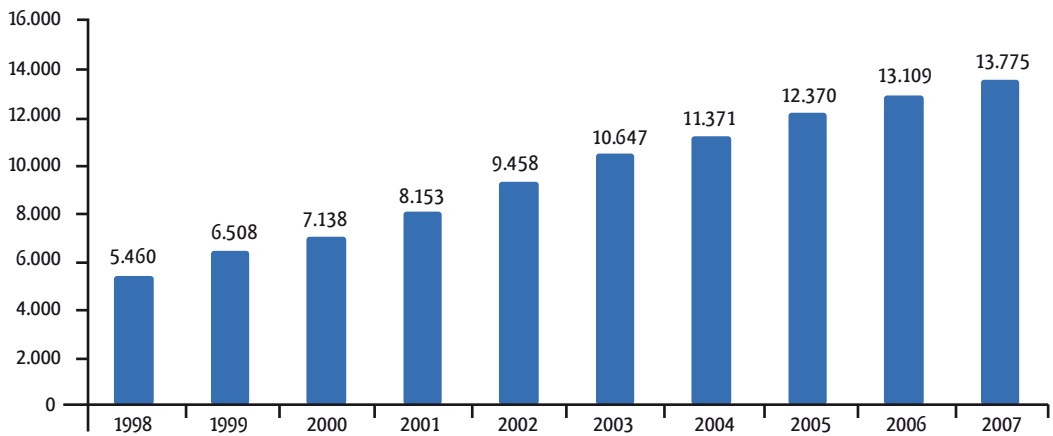
Fuente RICYT.

Fig. 4.1. Número de estudiantes de postgrado (doctorados y magísteres) en Iberoamérica graduados cada año durante la década 1998-2007.

en 2007 (Fig. 4.1). Aproximadamente un 13% de estos estudiantes son de doctorado, mientras el 87% son estudiantes de magíster. La curva de crecimiento de estudiantes de doctorado (Fig. 4.2) es similar a aquella para el total de estudiantes, con un crecimiento total en la década de 152.2%.

4.2. Áreas de especialización

Las áreas de especialización de los doctores producidos en Iberoamérica en los últimos 10 años reflejan ámbitos más bien tradicionales (Fig. 4.3). El mayor número de graduados está ocurriendo en ciencias naturales y exactas, las que probablemente incorporan una mayoría de ciencias básicas, incluyendo matemáticas, física, química y biología. El segundo mayor número de graduados ocurre en el ámbito de las humanidades, reflejando las capacidades de dichos grupos de investigadores para captar y formar estudiantes. Los siguientes tres grupos, en orden numérico, corres-



Fuente RICYT.

Fig. 4.2. Número de estudiantes de doctorado graduados en Iberoamérica durante la década 1998-2007.

ponden a ciencias médicas, ingenierías y tecnologías y ciencias agrícolas. Sólo estos tres últimos ámbitos tienen proyecciones de mayor aplicación.

4.3. Tasas de ingreso

Las tasas de ingreso a los programas de Magister y Doctorado en Iberoamérica se entregan en la Tabla N° 4.1. Esta tasa se define como el porcentaje de estudiantes egresados de la formación universitaria de pregrado que ingresa a los programas de Magíster o Doctorado en Iberoamérica.

Los datos indican una situación notablemente constante a lo largo de la década para ambos tipos de programas. La tasa de ingreso aumentó de 4,2% en 1998 a 5,2% en 2007. En el caso de los programas de doctorado (Tabla 4.1), el incremento ha sido menor, aumentando de 0,7 a 0,8%.

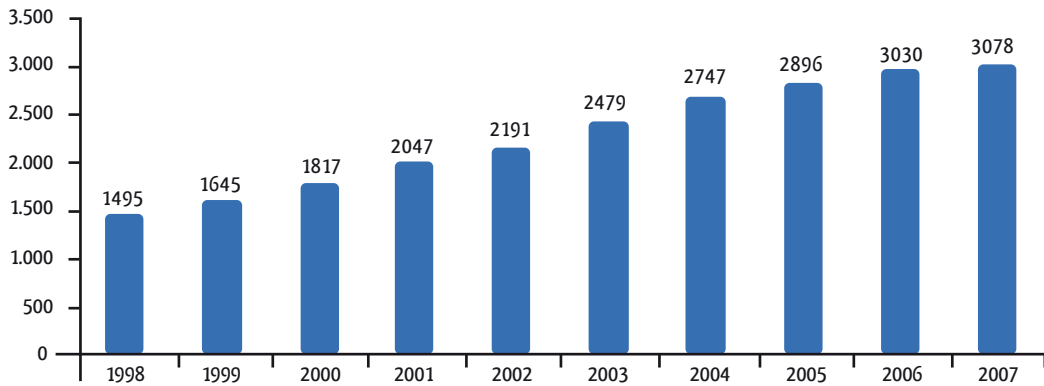
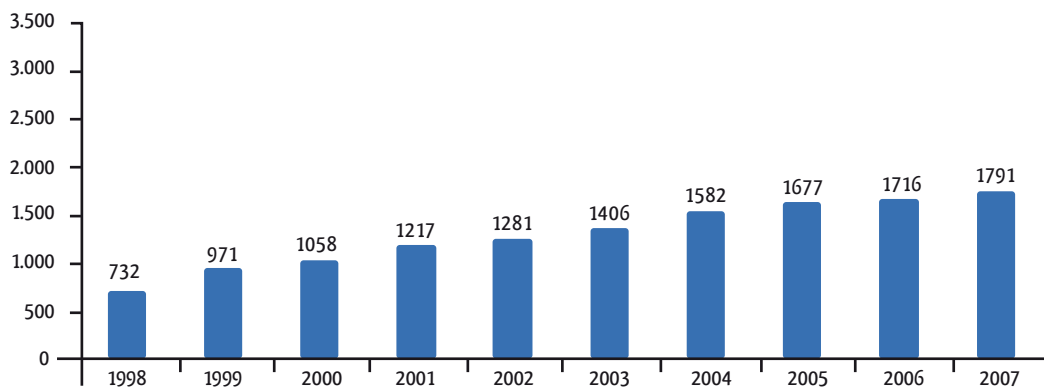
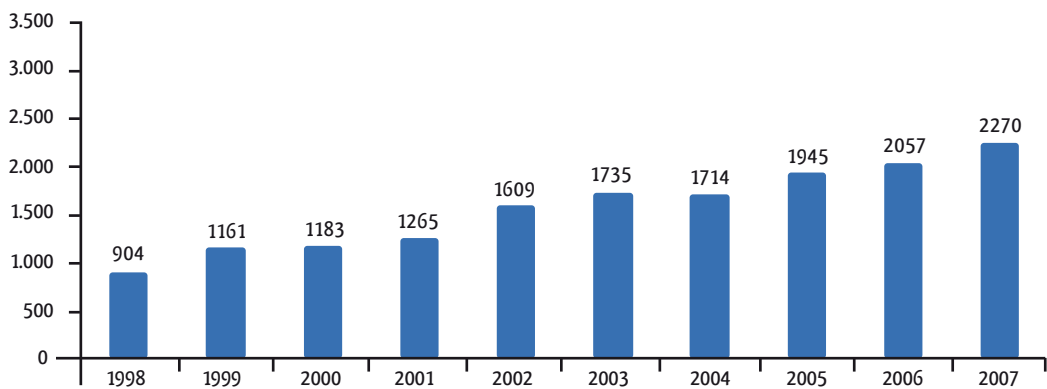
Ciencias naturales y exactas**Ingeniería y tecnología****Ciencias médicas**

Fig. 4.3. Número de estudiantes de doctorados graduados en Iberoamérica durante la década 1998-2007, separados por disciplina de especialización.

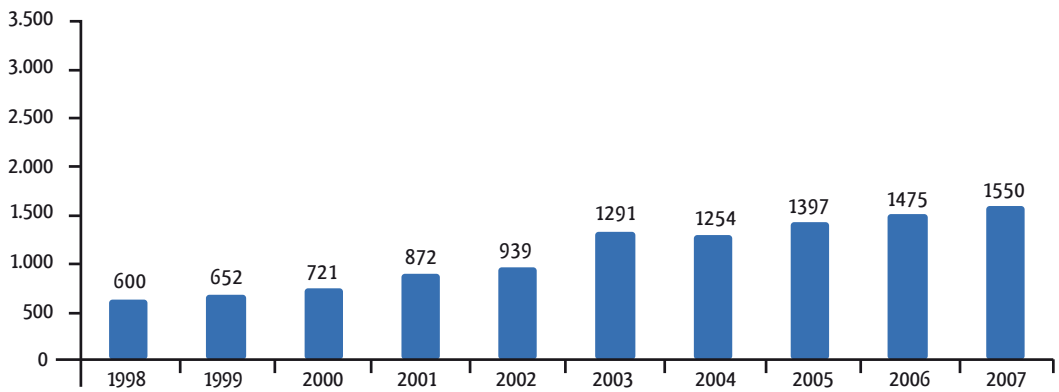
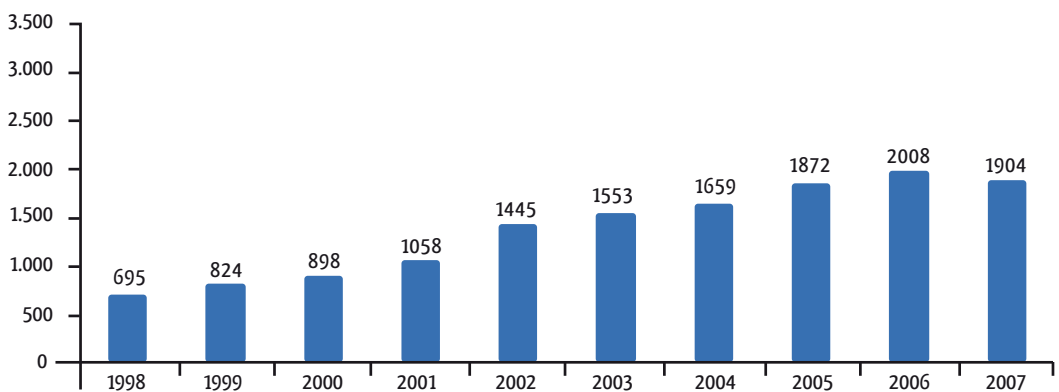
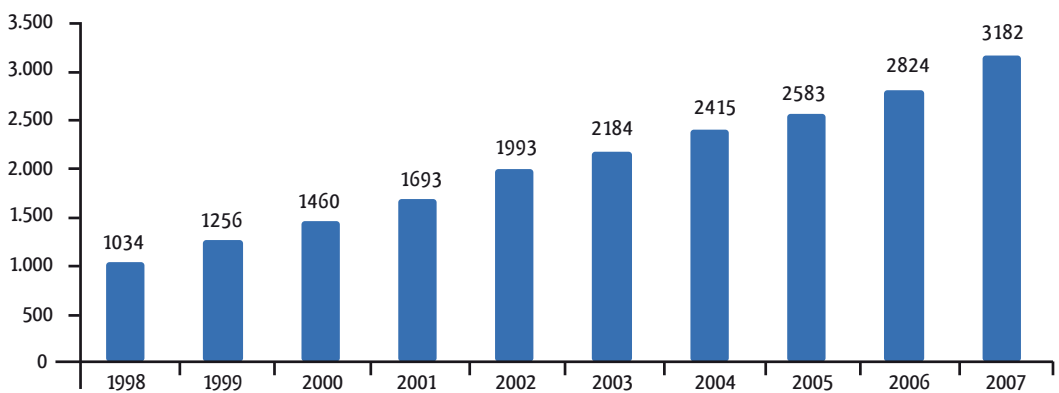
Ciencias agrícolas**Ciencias sociales****Humanidades**

Fig. 4.3. (Continuación). Número de estudiantes de doctorados graduados en Iberoamérica durante la década 1998-2007, separados por disciplina de especialización.

Tabla 4.1 Tasas de ingreso a los programas de magíster y doctorado en Iberoamérica

Año	Magister %	Doctorado %
1998	4,2	0,7
1999	4,8	0,7
2000	4,7	0,7
2001	5,0	0,7
2002	5,1	0,8
2003	5,2	0,8
2004	5,0	0,8
2005	5,0	0,8
2006	5,2	0,8
2007	5,2	0,8

Fuente: RICYT

4.4. Valores de proyección global

Los datos publicados por la Comunidad Europea (2008-2009) permiten hacer algunas comparaciones generales sobre los números de estudiantes de doctorados graduándose en distintas regiones del mundo y las tasas de crecimiento comparativo ocurrido en el período 2000-2005 (Tabla N° 4.2).

Tabla N° 4.2 Número de graduados en programas de doctorado en distintas regiones del mundo y sus respectivas velocidades de crecimiento anual en el período 2000-2005

	N° de graduados (2005)	Crecimiento anual período 2000-2005 (%)
USA	50.000	3,3
Comunidad Europea	100.000	4,0
Japón	18.000	4,6
Iberoamérica	12.370	14,4

Fuente: Comunidad Europea, Key Figures (2008-2009)

La velocidad de crecimiento en el número de graduados en Iberoamérica en el período 2000-2005 es la mayor entre las tres regiones consideradas, triplicando los valores de otras regiones o países. Sin embargo, la base de la que está partiendo Iberoamérica es notoriamente menor. El número de sus doctores graduados en 2005 es sólo el 12.4% del total graduado en la Comunidad Europea, el 24.8% del número de graduados en USA y el 68.72% de aquellos graduados en un país como Japón.

4.5. Principales conclusiones sobre formación de recursos humanos en Iberoamérica en la década 1998-2007

Ha habido un incremento significativo del número de graduados cada año en Iberoamérica. En el caso de doctores, el incremento alcanza a 152.2%. Sin embargo, las tasas de ingreso se mantienen en niveles de un 5% a nivel de magister y de 0.8% a nivel de doctorado, valor bastante menor.

Entre las especialidades de los doctorantes, destacan ciencias naturales y exactas y humanidades, con predominio de las ciencias básicas. En un segundo nivel de abundancia se ubican áreas de especialización con posibilidades de aplicaciones, como ciencias médicas, ingenierías y tecnologías y ciencias agrarias.

A nivel mundial, el esfuerzo de formación de recursos humanos en Iberoamérica todavía es sólo una fracción de lo que está ocurriendo en USA, la Comunidad Europea o Japón.

5. Publicaciones y patentes producidas en Iberoamérica en la década 1998-2007

Introducción

Tradicionalmente considerados como productos de la investigación científica, las publicaciones han permitido asegurar la prioridad en la producción de un resultado, acrecentar el crédito académico del o los investigadores, legitimar su actividad, incrementar la comunicación con sus pares, mejorar las interpretaciones teóricas sobre hechos observados y justificar con realizaciones y proyecciones concretas los recursos invertidos en investigación. Por su parte, una patente es un derecho exclusivo que concede el Estado, por un período determinado, para proteger una invención e impedir que terceros hagan uso del nuevo producto. Dicho producto puede ser material o inmaterial (= proceso) y susceptible de ser explotado industrialmente. Al igual que una publicación, una patente prestigia a la persona o a la institución que la inventó, legitima las actividades de investigación y desarrollo, protege la capacidad inventiva de sus creadores por un período dado y, además, puede generar beneficios económicos directos por el buen éxito comercial o industrial de una patente, valorizando en términos económicos los resultados de investigación.

Debido a la relación creciente entre investigación científico-tecnológica y desarrollo, el número de publicaciones científicas y/o de patentes producidas por investigadores individuales, grupos de investigadores de una determinada institución, país o región ha adquirido importancia estratégica. Para ello se están usando indicadores bibliométricos y sus resultados están siendo considerados en la toma de decisiones para asignar recursos, reformular orientaciones de grupos científicos o para poner en práctica determinadas iniciativas de desarrollo científico. Más aún, organismos internacionales y agencias financieras están incorporando este tipo de análisis en la toma de decisiones sobre inversión, cooperación internacional y otras. Para estos grupos de planificadores resulta claro que, con indicadores adecuados, se puede predecir en alguna dimensión la naturaleza y dirección de los futuros avances tecnológicos de países o regiones dadas, así como anticipar los desarrollos posteriores que pueden incidir en los mercados de nuevos bienes y servicios. Así, hoy día los patrones de producción de publicaciones y patentes no sólo constituyen elementos de prestigio

científico-tecnológico individual o grupal, sino que también corresponden a elementos predictores de potencialidades de desarrollo.

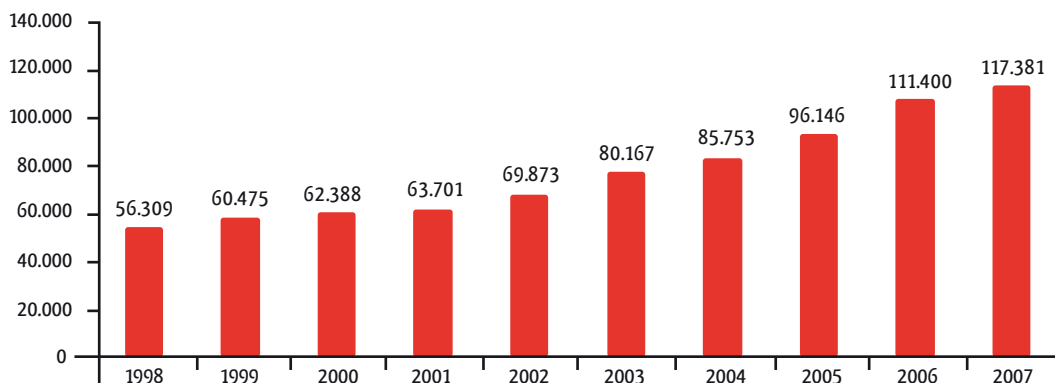
En los últimos años se ha agregado un tercer indicador conocido como índice de impacto, que intenta medir la influencia que han tenido los resultados científicos o tecnológicos de una persona o grupo dado en las actividades de investigación de otros grupos de investigadores. Estos índices generalmente se construyen sobre la base del número de veces que una publicación dada ha sido citada durante un cierto período por otros artículos publicados en la literatura especializada.

Este capítulo revisa los patrones de producción científica desde Iberoamérica y su importancia relativa basada en los indicadores de producción e impacto. Además, revisa la producción de patentes en Iberoamérica en la última década, como un indicador de la potencialidad de desarrollo tecnológico.

5.1. Publicaciones

5.1.1. Producción de publicaciones

El número de publicaciones producidas en Iberoamérica en la década bajo análisis incrementó en 108%, subiendo de 56.309 publicaciones anuales en 1998 a 117.381 en el año 2007 (Fig. 5.1). Medida en términos de publicaciones por 100.000 personas en la población económicamente activa (Tabla N° 5.1), el incremento es de un 93,13%, aumentando de 24,4 publicaciones en 1998 a 42,5 en 2007.



Fuente: SCIMAGO.

Fig. 5.1. Incremento en el número de publicaciones citables producidas desde Iberoamérica en la década 1998-2007.

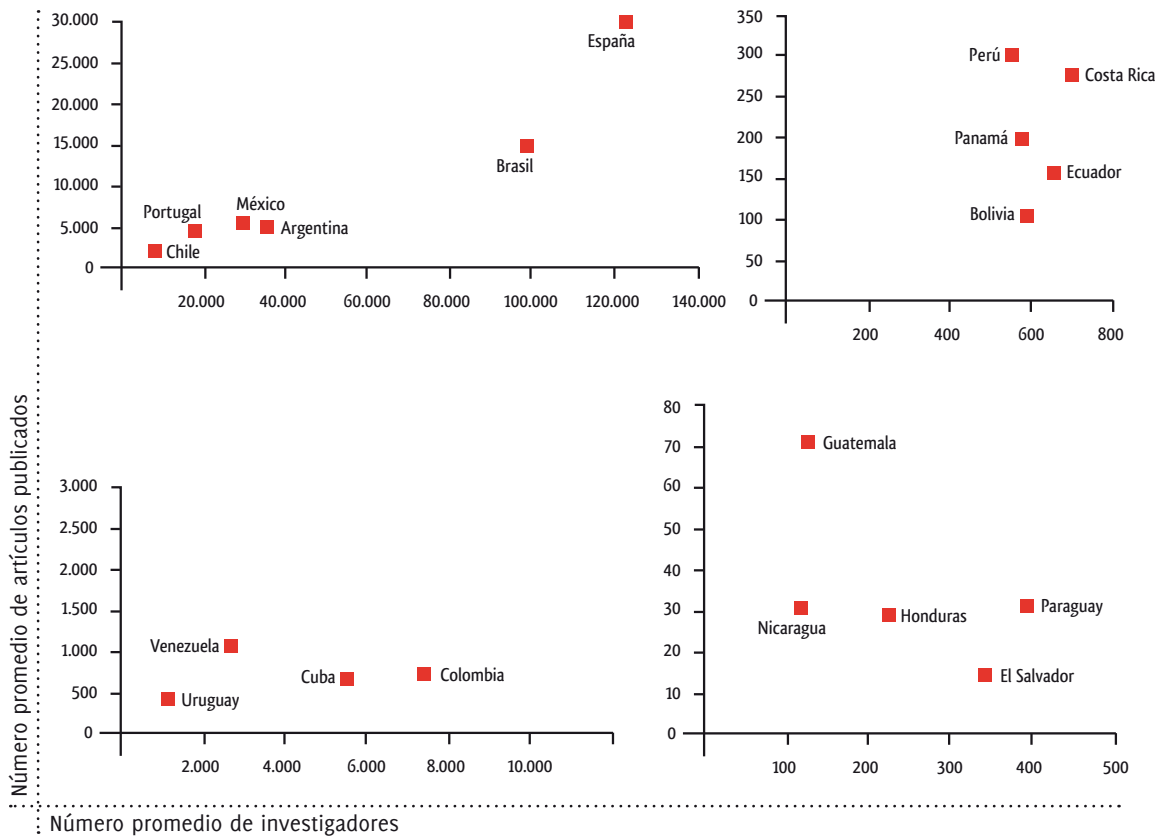
El incremento en publicaciones de la década parece resultar principalmente del aumento en recursos humanos que ocurrió en ese período (ver sección sobre Capital Humano), junto con un aumento leve de productividad. Medido en término de número de investigadores, la productividad científica se mantuvo entre 0,14 y 0,16 publicaciones por investigador durante toda la década. Medidas en términos de equivalentes a jornadas completas, los valores de productividad suben casi al doble (0,26-0,30 publicaciones/JCE) y muestran un leve crecimiento hacia finales del período considerado. El mayor valor de producción medido en JCE (Tabla N° 5.1) es consistente con el hecho que el número de JCE equivale al 54-56% del número de personas. El incremento que se observa hacia los últimos años de la década (aproxi-

madamente un 15%) puede estar resultando de los incrementos en inversión en C&T y de la incorporación de científicos y tecnólogos con mayor entrenamiento en investigación y publicación a los ámbitos universitario y empresarial.

Tabla N° 5.1 Número de publicaciones producidas en Iberoamérica en la década 1998-2007 y medida en relación a 100.000 personas de la población económicamente activa (PEA), al número de investigadores (PUB/INVEST) y por unidad equivalente a jornada completa (PUB/JCE).

Año	PUB/PEA	PUB/INVEST	PUB/JCE
1998	24,4	0,15	0,27
1999	25,6	0,16	0,29
2000	25,9	0,15	0,27
2001	25,9	0,14	0,26
2002	27,7	0,14	0,27
2003	30,9	0,15	0,28
2004	32,4	0,15	0,28
2005	35,5	0,15	0,28
2006	40,8	0,16	0,30
2007	42,5	0,16	0,30

Fuente: SCIMAGO y RICYT.



Fuente: RICYT.

Fig. 5.1.2. Número promedio de publicaciones en Iberoamérica durante la década 1998-2007 y expresada en función del número promedio de investigadores por país.

5.1.2. *Heterogeneidad en la producción de publicaciones*

Existiendo una situación de heterogeneidad en Iberoamérica en la distribución de recursos (humanos y materiales) usables para investigación y desarrollo, es esperable que exista una notable heterogeneidad en los productos de estas actividades, incluyendo las publicaciones. Si se calcula el número de publicaciones producidas, en función del número de investigadores en cada país (Fig. 5.1.2), se constata una diferencia de 3.000 veces en el número de publicaciones producidas entre el país con mayor (España) y aquél con menor (El Salvador) productividad en publicaciones. Los respectivos valores promedios de investigadores para la década difieren en 350 veces.

La información contenida en la Fig. 5.1.2 permite distinguir varios grupos de países, con distintos niveles de producción científica. Destacan Brasil y España, con una producción promedio anual durante la década por sobre 15.000 publicaciones. Un segundo conjunto de países, constituidos por Portugal, Argentina, México y Chile se ubican en el rango de 3.000-5.000 publicaciones anuales. El tercer conjunto, que incluye a Venezuela, Colombia, Cuba y Uruguay, con producciones entre 500 y 1.000 trabajos anuales. Perú, Costa Rica, Panamá, Ecuador y Bolivia logran un promedio anual de producción de 100 a 300 publicaciones, mientras que un conjunto de 5 países, incluyendo Guatemala, Paraguay, Nicaragua, Honduras y El Salvador produjeron entre 20 y 70 publicaciones como promedio anual durante la década.

5.1.3. *Valores de proyección mundial*

La Tabla 5.1.2 muestra los valores de producción de publicaciones en dos momentos en el tiempo (año 2002 y 2007) para distintas regiones del mundo. En el año 2002, Iberoamérica producía cercano a 6% de la literatura original mundial. Entre los años 2002 y 2007, Iberoamérica incrementó en casi un 70% el número de publicaciones con respecto a los valores de 2002. Sin embargo, en el contexto mundial dicho incremento significó un aumento de sólo un 0,86%. Como ya se explicó en los capítulos anteriores, estos incrementos son muy significativos cuando se compara el progreso que está ocurriendo en Iberoamérica. A nivel mundial, el incremento es menor (Tabla 5.1.2) debido a la basal más reducida que la región poseía el año 2002. Entre los años 2002 y 2007, el número total de publicaciones a nivel mundial incrementó en un 48%. Así, el incremento mostrado por Iberoamérica fue mayor al promedio y, en términos comparativos fue sobrepasada sólo por la región de Asia, la que mostró un incremento de 101% en el período considerado. En 2007 a nivel mundial (Tabla 5.1.2) Iberoamérica alcanzó el nivel de producción de 6,84% de publicaciones.

Tabla N° 5.1.2 Comparación del número de publicaciones producidas en Iberoamérica con los valores de producción de otras regiones del mundo, en los años 2002 y 2007.

	Año 2002		Año 2007	
	N°	% del Total	N°	% del Total
Total mundial	1.163.500	100,00	1.723.727	100,00
Norteamérica	351.671	30,22	429.399	24,91
Iberoamérica	69.553	5,98	117.948	6,84
Unión Europea	381.200	32,76	520.157	30,18
Africa	12.158	1,04	23.196	1,34
Asia	220.344	18,94	444.762	25,80
Oceanía	31.771	2,73	51.346	2,98
Otras regiones	96.803	8,31	136.919	7,94

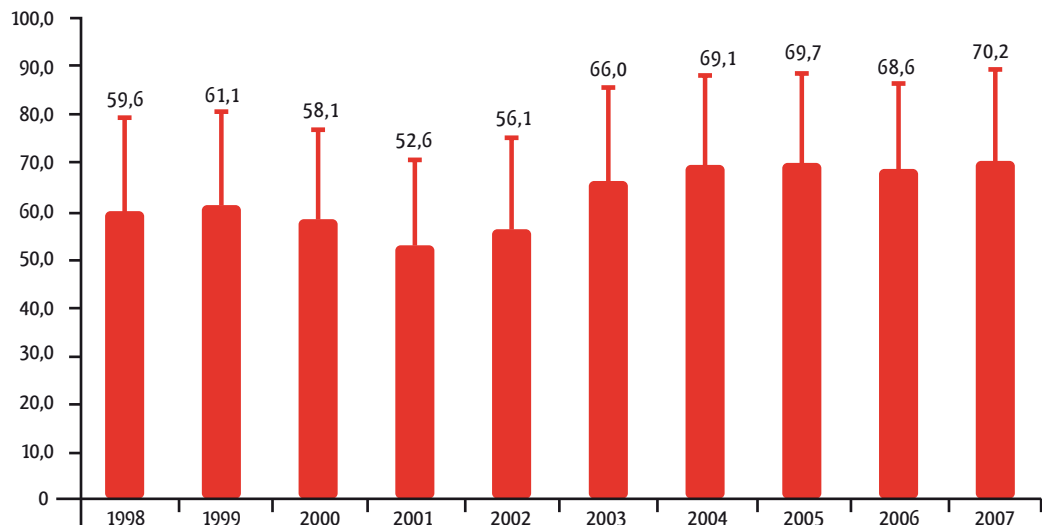
Fuentes: RICYT. SCIMAGO.

Unesco Institute for Statistics (Mayo 2009). World Development Indicators (Febrero 2009).

5.1.4. Colaboración internacional en publicaciones

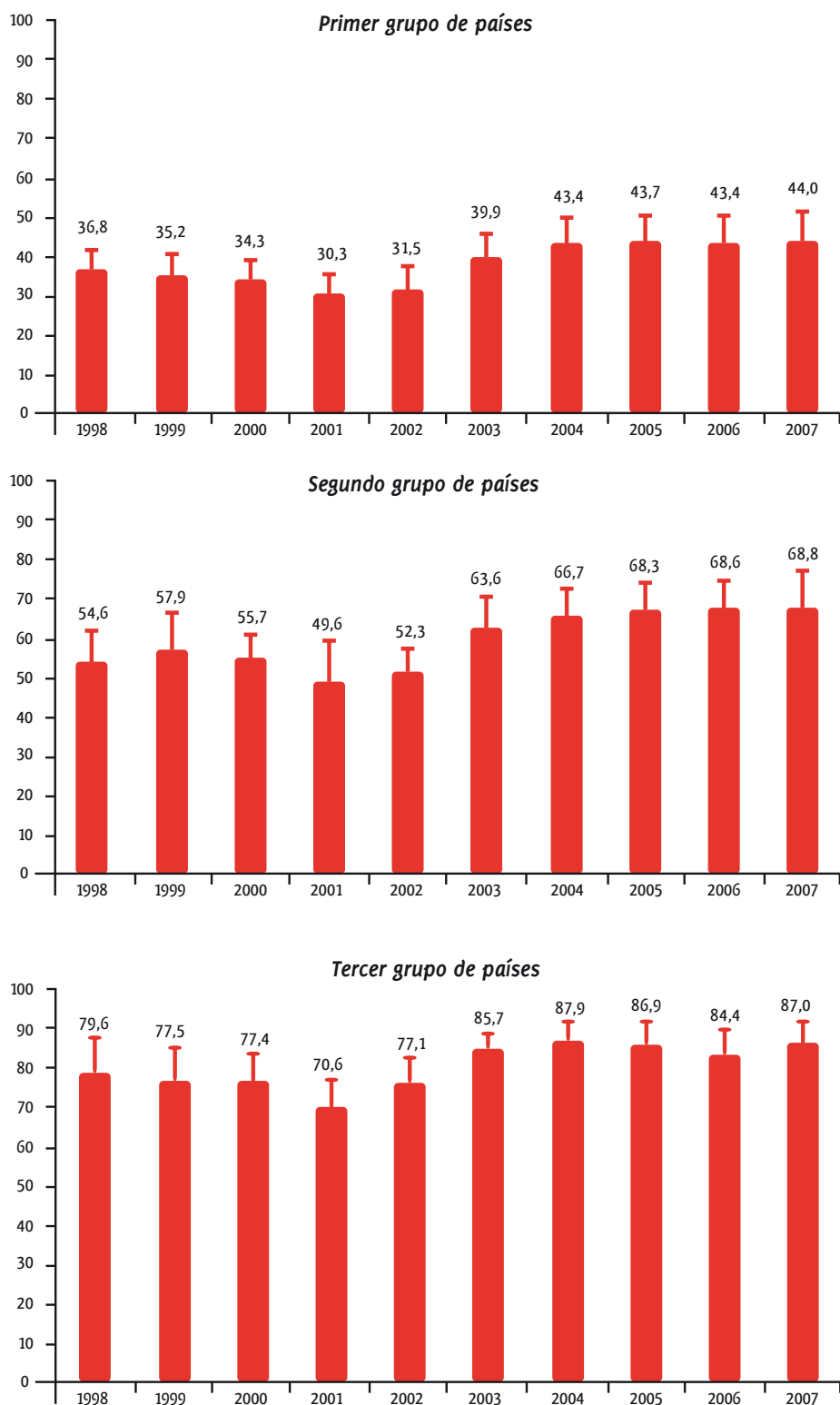
Entre el 60 y el 70% de las publicaciones que se originan en Iberoamérica se realizan en colaboración entre autores de más de un país, dentro o fuera de Iberoamérica (Fig. 5.1.3). El valor de colaboración ha permanecido relativamente constante durante la década, con un leve incremento desde 2003. Los rangos de variación de estos valores (desviaciones en la Fig. 5.1.3) sugieren, sin embargo, diferencias importantes entre los países de Iberoamérica.

Un análisis de la situación en distintos países (Fig. 5.1.4) permite distinguir varios grupos. Un primer grupo, representado por España, Brasil, Argentina, México, Portugal, Venezuela y Chile, muestran un valor de cooperación internacional que compromete 40-45% de las publicaciones producidas. El segundo grupo, que incluye a Cuba, Colombia, El Salvador, Puerto Rico, Uruguay y Costa Rica muestra



Fuente: SCIMAGO.

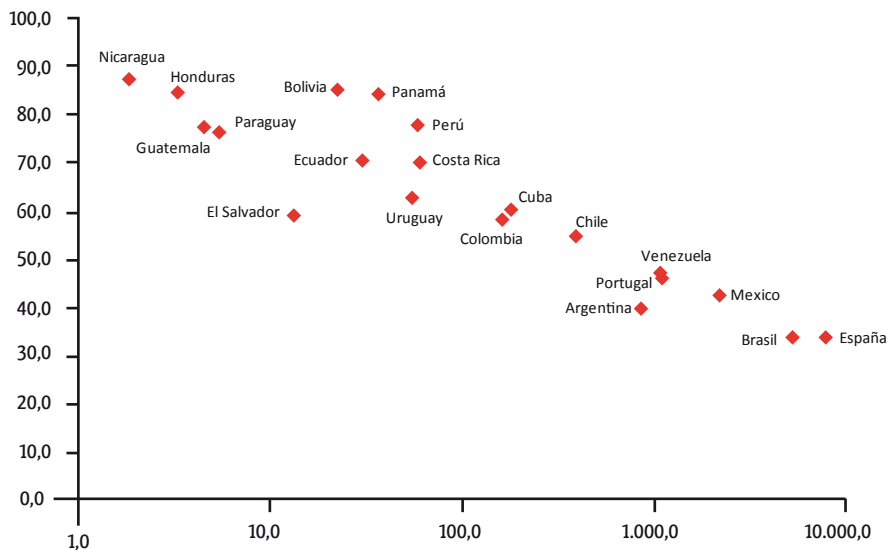
Fig. 5.1.3. Porcentaje de colaboración internacional en las publicaciones producidas desde Iberoamérica. Valores corresponden a promedios y una desviación estándar.



Fuente: SCIMAGO.

Fig. 5.1.4. Porcentaje de colaboración internacional en las publicaciones producidas por distintos países en Iberoamérica. Valores corresponden a promedios y una desviación estándar.

publicaciones que conllevan valores cercanos a 70% de participación de científicos y tecnólogos de otros países. El tercer grupo, que incluye Guatemala, Perú, Paraguay, Panamá, Honduras, Bolivia y Nicaragua muestran valores de 80 a 90% de colaboración internacional en las publicaciones. Si se grafica el porcentaje de cooperación internacional en publicaciones en función de la inversión en C&T (Fig. 5.1.5) de los respectivos países, se obtiene una correlación negativa. Así, la importancia relativa de la cooperación internacional disminuye en países con mayor cantidad de recursos (inversión y capital humano para C&T) en la región. La reducción en importancia relativa probablemente se debe tanto a una mayor abundancia de publicaciones en este último tipo de países como a la existencia de un número mayor de grupos de científicos establecidos, capaces de alcanzar los estándares internacionales de publicación sin la colaboración de grupos de investigadores en otros países.



Fuente: RICYT y SCIMAGO.

Fig. 5.1.5. Porcentaje de publicaciones originadas en distintos países de Iberoamérica con colaboración internacional (1998-2007) en función de la inversión en C&T.

5.1.5. Áreas de conocimiento en la producción de publicaciones

Las publicaciones producidas desde Iberoamérica incluyen 25 disciplinas, las que tienen distintos porcentajes de trabajos publicados (Tabla 5.1.3), probablemente reflejando distintas capacidades de investigación en la región. El mayor porcentaje de trabajos publicados se da en medicina, ciencias biológicas y agricultura. El listado incluye, como ámbitos independientes, algunas subdisciplinas tradicionalmente incluidas en las ciencias biológicas, tales como bioquímica, genética, biología molecular, inmunología, microbiología, farmacología y neurociencias. Así, los datos de porcentaje promedio de trabajos publicados sugieren una preponderancia importante de las ciencias biológicas sobre otras disciplinas básicas, tales como las matemáticas, la física o la química. Existe, además, una baja representación de subdisciplinas más recientes, tales como ciencias de los materiales, ciencias de la computación o energía. Aunque los datos no revelan la naturaleza de los estudios, pareciera haber una

subrepresentación de las áreas más aplicadas (medicina, ingenierías, veterinaria) en comparación con aquellas más básicas y una notoria subrepresentación de ciencias humanas, ciencias sociales y administración, en comparación con las ciencias duras.

Tabla N° 5.1.3 Áreas de conocimiento en las publicaciones producidas desde Iberoamérica en la década 1998-2007 y su importancia relativa.

Área del conocimiento	Porcentaje promedio de trabajos publicados
Medicina	17,9
Ciencias Biológicas y Agricultura	13,5
Bioquímica, Genética y Biología Molecular	9,5
Física y Astronomía	8,6
Química	6,3
Ingenierías	5,1
Ciencias de la Tierra	4,9
Ciencias de los Materiales	4,7
Inmunología y Microbiología	4,5
Matemáticas	4,2
Ciencias Ambientales	3,8
Ingeniería Química	3,1
Farmacología, Toxicología y Farmacia	2,3
Ciencias de la Computación	2,1
Neurociencia	1,9
Veterinaria	1,6
Ciencias Sociales	1,3
Energía	0,9
Dentística	0,6
Psicología	0,5
Economía, Econometría y Finanzas	0,3
Otras	1,7
(Administración y Contabilidad, Enfermería, Artes y Humanidades e Investigaciones Multidisciplinarias)	

Fuente: SCIMAGO

5.1.6. Sectores de publicación

No existen datos integrados como para calcular la contribución relativa de los sectores Universidad, Gobierno, Empresas y organizaciones internacionales a la producción de publicaciones en Iberoamérica. Sin embargo, datos obtenidos de los informes nacionales (ver pp. 121-237 de este volumen) tienden a identificar a las universidades como las principales productoras de publicaciones. A manera de ejemplo, en el año 2002, España produjo 27.486 publicaciones, un 67,7% de las cuales fueron producidas por el sector universitario. El sector empresas produjo menos del 0,5%, mientras que el sector gobierno, representado principalmente por hospitales, produjo un 16% del número de publicaciones.

Si se analizan los datos de publicaciones en España en 2007, se encuentra que aunque el número total de publicaciones incrementó a 41.896 (un incremento de un 52,4%), la importancia relativa del sector universitario se mantuvo en un 68%, el sector empresas disminuyó a un 0,3%, mientras que las publicaciones originadas en el sector gobierno aumentó levemente a un 17,6%.

En países con un menor desarrollo relativo de la innovación y con una menor contribución gubernamental a la búsqueda científica, el sector universidad puede alcanzar mayores valores de importancia en la producción de publicaciones. Por

ejemplo, de las 306 publicaciones producidas en Guatemala durante la década, un 75,4% proviene de 4 universidades.

Es posible concluir, en consecuencia, que la contribución del sector universitario al volumen de publicaciones producidas desde Iberoamérica oscila entre $\frac{2}{3}$ y $\frac{3}{4}$ del total, la diferencia estando determinada por el desarrollo relativo de los sectores gobierno y empresas y de su compromiso con los procesos de producción y publicación de nuevo conocimiento.

5.2. Indicadores de producción e impacto

5.2.1. Indicadores de producción

Como se indicó en la introducción a este capítulo, es posible usar la producción de publicaciones para evaluar la trayectoria en investigación de regiones, países, instituciones o investigadores individuales.

Un primer análisis de la productividad científica en Iberoamérica fue publicado en el informe CINDA (2007) sobre la base de datos del grupo SCIMAGO. Este grupo está desarrollando un programa («Generador de Rankings RI3) que incluye la descripción de 5 indicadores para ordenar y caracterizar la cantidad y calidad de producción científica en Iberoamérica. Hasta el momento (2009), el ordenamiento de instituciones abarca la producción científica de instituciones iberoamericanas que han producido, a lo menos, 100 documentos anuales citables entre 1995 y 2005. Estos documentos, basados en las bases de datos de Thomson-ISI, incluyeron esencialmente publicaciones científicas. El ordenamiento de las instituciones más productivas en 8 países iberoamericanos ha sido incluido en el informe CINDA (2007).

Para 2009, el grupo SCIMAGO ha completado el ranqueo de las instituciones con mayor número de publicaciones en los 9 países principales. El número de estas instituciones en los 9 países se muestra en la Tabla 5.2. La distribución reproduce el patrón ya analizado a nivel de producción por países. España aparece como el país con un mayor número (cerca de 50% del total) de instituciones altamente productoras de trabajos científicos, seguido, a considerable distancia, por Brasil y México. En conjunto estos tres países albergan el 77% de las instituciones con mayor producción científica en Iberoamérica. El 23% restante está representado por instituciones de otros 6 países.

Tabla N° 5.2.1 Número de instituciones con mayor producción científica citable en los 9 países iberoamericanos con mayor número de publicaciones.

	País	Número de Instituciones	Porcentaje
1	España	84	46,9%
2	Brasil	37	20,6%
3	México	19	10,6%
4	Argentina	13	7,3%
5	Portugal	11	6,1%
6	Chile	6	3,4%
7	Venezuela	5	2,8%
8	Colombia	3	1,7%
9	Cuba	1	0,6%
	TOTAL	179	100%

Fuente: SCIMAGO

5.2.2. *Índices de citas e impacto*

Como se explicó en la introducción, estos indicadores intentan medir la influencia que han tenido los resultados de investigación de un investigador o grupo dado en las actividades de investigación de otros investigadores o grupos de investigadores. Estos indicadores generalmente se construyen sobre la base del número de veces que una publicación dada ha sido citada durante un cierto período por otros artículos publicados en la literatura especializada.

Los indicadores de cita e impacto pueden ser muy útiles, pero se requiere comprender lo que miden y tener alguna dimensión de sus limitaciones (ver Santelices, 1994). Por ejemplo, se debe conocer la naturaleza de los datos usados y la manera como se confeccionaron los índices. La importancia de los errores en estas mediciones son inversas al tamaño del universo que se analiza, siendo estos errores menos relevantes cuando se analizan países o regiones y más relevantes cuando se analizan series cortas de tiempo o trayectorias individuales. De forma análoga, distintas disciplinas tienen una dinámica de publicación y citas mucho más rápidas que otras (por ej. matemáticas versus química), por lo que comparaciones transdisciplinarias no siempre llevan a resultados confiables.

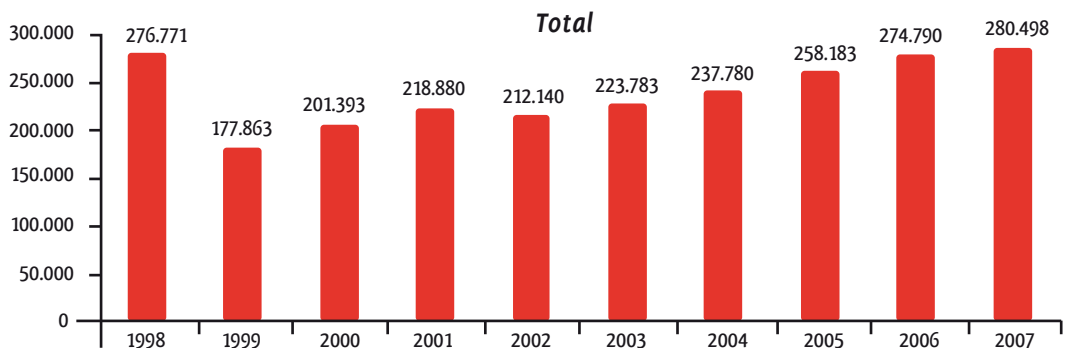
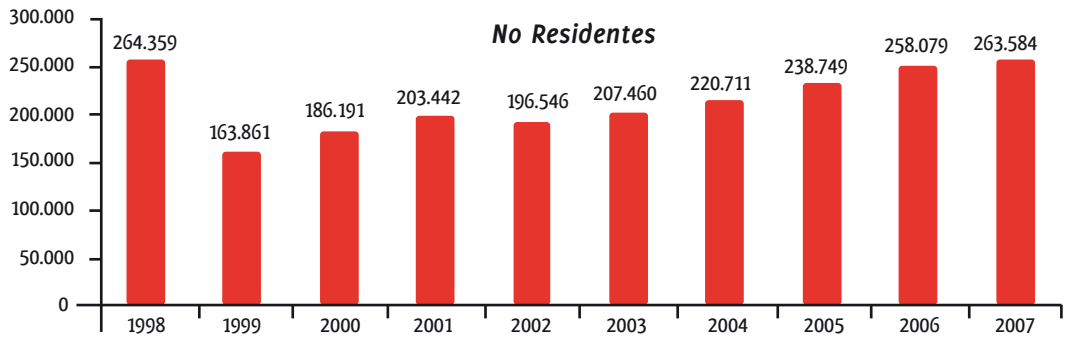
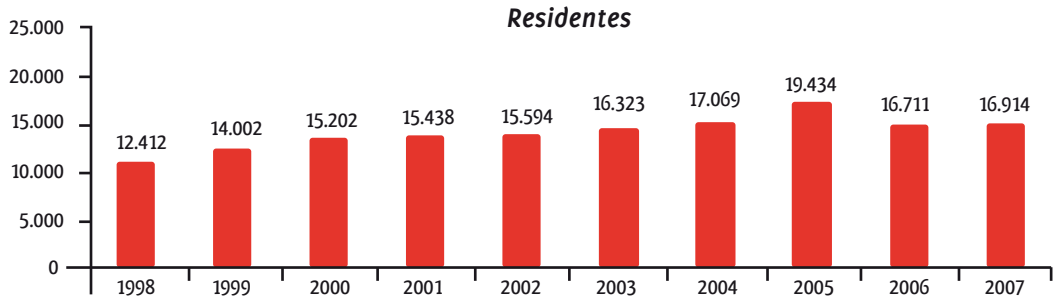
Para el caso de Iberoamérica, el grupo SCIMAGO también ha producido ordenamiento de instituciones de investigación de los 9 países más productivos en investigación, resultados que han sido ya analizados en el Informe CINDA (2007). El índice usado, sin embargo, se basa en los impactos que alcanzan las revistas donde han publicado los investigadores de esas instituciones, lo que permite estandarizar por área temática. Esencialmente este es un factor basado en las citas esperadas versus aquellas capturadas por los autores de una determinada institución y que en líneas generales (Informe CINDA 2007) reproduce la distribución de instituciones ya comentada con respecto a productividad.

5.3. *Patentes*

5.3.1. *Producción de patentes*

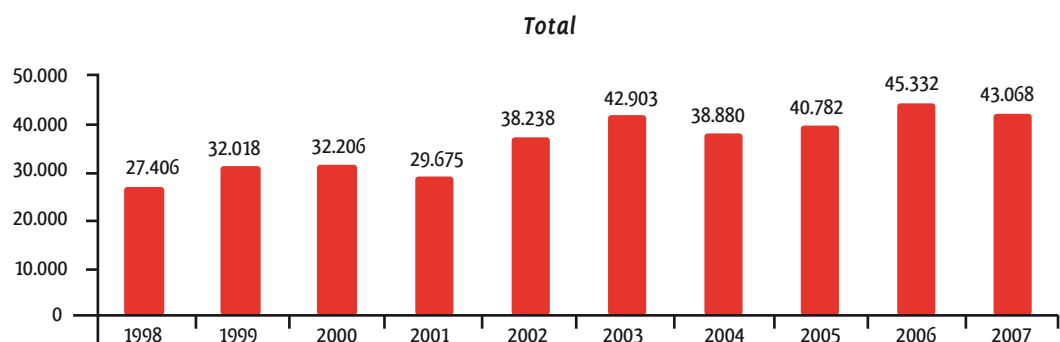
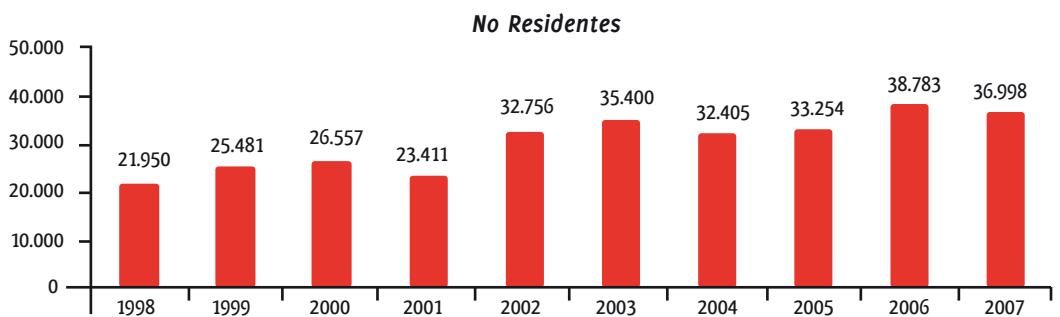
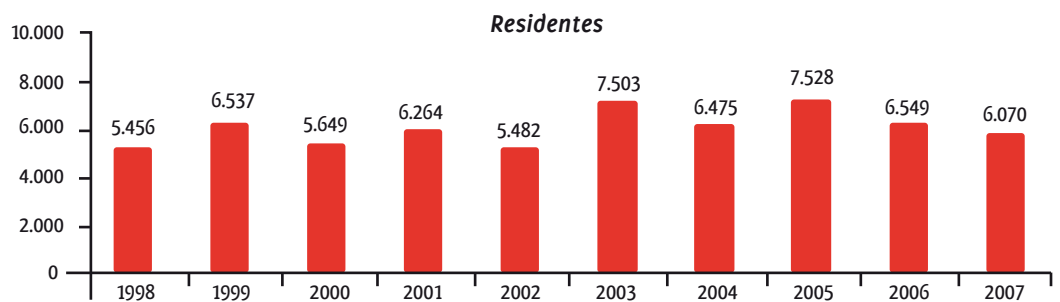
En cualquier país o región dada, los valores estadísticos relacionados con patentes incluyen patentes solicitadas, patentes otorgadas y ambos tipos pueden corresponder a personas (naturales o jurídicas) residentes o no residentes en dicho país o región. En Iberoamérica, los datos indican un incremento en el número de patentes solicitadas del orden de un 40% en la década 1998-2007 (Fig. 5.3.1). Patrones aproximadamente similares de incremento emergen cuando se consideran las solicitudes de patentes realizadas por residentes (36,2%) y por no residentes (aproximadamente 60% entre 1998 y 2007). Sin embargo, la importancia relativa de estos dos tipos de solicitudes es muy distinta. Para casi cualquier año que se considere durante la década, entre el 90% y el 95% de las solicitudes de patentes realizadas es por no residentes, restringiéndose las solicitudes de residentes a menos del 10% de cada año.

El número total de patentes otorgadas cada año (Fig. 5.3.2) es del orden de 15-18% del número de solicitudes, aunque excepcionalmente puede ser sólo de un 10% (por ej., año 1998). En la última década ha habido un incremento neto sostenido de patentes otorgadas de un 57%, alcanzando hacia 2007 a cifras débilmente



Fuente: RICYT.

Fig. 5.3.1. Número de patentes solicitadas en Iberoamérica por personas (naturales o jurídicas) residentes y no residentes.



Fuente: RICYT.

Fig. 5.3.2. Número de patentes otorgadas en Iberoamérica durante la década 1998-2007 a personas naturales o jurídicas residentes y no residentes.

superiores a las 43.000 patentes. Un patrón similar de incremento ha sido mostrado por las patentes otorgadas a no residentes, las que aumentaron un 68% en la década. Ellas constituyen el 75%-85% del total de patentes otorgadas, mientras que las patentes aprobadas a residentes no sobrepasa 15-25% del total. Las patentes otorgadas a residentes aumentaron en 30-35% en la década. Los números totales de estas últimas han oscilado durante la década, entre 5.500 y 7.500 patentes por año.

5.3.2. *Valores de proyección mundial*

Las distintas bases de datos sobre patentes en distintas regiones no son compatibles entre ellas, por lo que resulta difícil realizar proyecciones globales. Sin embargo, hay varias indicaciones en la literatura caracterizando a Iberoamérica y muy especialmente a América Latina y El Caribe como una región con una baja velocidad de producción de patentes, comparado con regiones tecnológicamente más avanzadas. Así por ejemplo, el Informe CINDA 2007 (p. 169) indicó que en un período de 40 años (1963-2005) el número de patentes de invención otorgadas por The United State Patent and Trademark Office (USPTO) a países de Iberoamérica, excluyendo a España, México, Brasil y Argentina, totalizaron menos de mil patentes. Los 4 países excluidos mostraron una mayor actividad de patentamiento, pero que aún distaba muy significativamente de otros países tecnológicamente más avanzados. Durante el quinquenio 2001-2005, Argentina produjo cercano a 200 patentes, México 320, Brasil 400 patentes y España 1.100. Comentarios similares aparecen en el Informe 2006 del Banco Interamericano de Desarrollo donde se indica que en el período 1995-2003, América Latina y El Caribe casi duplicaron el número de patentes otorgadas por USPTO, desde 191 a 350, siendo Brasil (130) y México (84) los países con mayor número de patentes concedidas. Estos resultados, aunque estimulantes, no se comparan por los resultados de países tales como Irlanda o Korea, que en el mismo período cuadruplicaron el número de patentes, o China, que sextuplicó los valores de 1995.

Si se comparan los datos de patentes otorgadas por la US Patent and Trademark Office, las 570-580 patentes registradas por países de Iberoamérica, corresponden a 0,67 – 0,68% del total de patentes registradas por esa oficina en los años 2000 y 2004. Estos datos indican la escasa contribución relativa de Iberoamérica en este rubro y el escaso avance logrado en el período analizado.

5.3.3. *Sectores de patentamiento*

Es esperable que el sector empresarial tenga un rol activo en los procesos de solicitud y consecución de patentes. Esto parece estar ocurriendo en los países con mayor desarrollo relativo en investigación y desarrollo, tales como España, donde la participación de la empresa en patentamiento alcanza el 51% o en Brasil, donde alcanza el 45%. En otros países, el sector universitario parece jugar un rol mucho más activo que las empresas. De hecho, en Venezuela la mayor parte de las patentes solicitadas en los últimos 5 años provienen del sector universitario. Es posible que la importancia relativa de los sectores empresas, gobierno y universidades varíe de uno a otro país, dependiendo de la madurez y desarrollo de los sistemas nacionales

de innovación, de la naturaleza y orientaciones de las actividades de investigación y desarrollo y de las prioridades de desarrollo económico del país.

5.4. *Principales Conclusiones sobre Publicaciones y Patentes en Iberoamérica*

En la década considerada (1998-2007), Iberoamérica duplicó el número de publicaciones producidas anualmente, alcanzando valores de 0.30 publicaciones por JCE. Sin embargo y al igual que los patrones de distribución de recursos para investigación, existe una profunda heterogeneidad entre países en la Región con respecto a la producción de publicaciones, con diferencias de hasta 3.000 veces entre el país con mayor y aquél con menor producción.

A pesar del incremento reciente en publicaciones, en el contexto mundial Iberoamérica produce cercano al 7% del total de publicaciones. Entre el 60 y el 70% de estas publicaciones se realiza con colaboración internacional, colaboración que es de mayor importancia relativa en países con menor inversión en C&T. Un 65 - 75% de la producción de publicaciones en Iberoamérica es responsabilidad de las universidades.

El número total anual de patentes solicitadas en Iberoamérica se acerca a los 300.000 y su número ha incrementado alrededor de un 40-60% en la década bajo análisis. Entre el 90 y 95% de estas solicitudes de patentes corresponden a no residentes. Las solicitudes por residentes cada año son menores a 10%. También ha habido un incremento de 57% en la década en el número de patentes otorgadas. Entre un 15 y un 20% de las patentes otorgadas ha ido a residentes y sus valores anuales (5.500-7.500) no han variado sustancialmente durante la década. A nivel mundial, Iberoamérica produce menos del 1% del número de patentes anualmente registradas en los servicios internacionales de registro de patentamiento. Los sectores de mayor importancia para el patentamiento varían de uno a otro país y parecen depender del grado de maduración de las políticas de innovación. En países con mayor desarrollo relativo de investigación e innovación, el sector empresas produce 45-50% de las patentes. En otros, con menor desarrollo relativo, el sector universidad es el productor principal.

6. Características del desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica en la década 1998-2007 y el rol de las universidades

6.1. Características del desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica

6.1.1. Una década de crecimiento

Durante la década analizada, Iberoamérica ha mostrado un incremento muy significativo en varios ámbitos del desarrollo científico tecnológico. La inversión en C&T incrementó en un 150%, el número de personas y el de JCE trabajando en ciencia y tecnología lo hicieron en 101% y 92% respectivamente, el número de doctores graduados anualmente en Iberoamérica incrementó en 152%, el número de publicaciones producidas desde Iberoamérica aumentó en 93% e incluso el número de patentes otorgadas a residentes en la región aumentó en un 30-35%.

Más aún, existen cambios en la importancia relativa de algunos indicadores que sugieren progresos de significación en el desarrollo del trabajo científico y en la creciente importancia que la innovación podría estar alcanzando en la región. Ejemplos de esto son el incremento de representación del género femenino en las actividades científicas, los incrementos del sector empresas, tanto en el financiamiento como en la ejecución del trabajo de investigación y desarrollo y la creciente importancia de este mismo sector en los procesos de patentamiento en aquellos países con mayor desarrollo relativo en ciencia y tecnología. Todos los anteriores son avances concretos que sugieren que gradualmente Iberoamérica está fortaleciendo sus capacidades en investigación científica, creación y transferencia tecnológica e innovación. Dada las funciones que la ciencia y la tecnología cumplen en las sociedades modernas (ver sección 1 de este trabajo), los incrementos en inversión en C&T y en los procesos de formación de recursos humanos que Iberoamérica está haciendo, debieran llevar a un fortalecimiento importante de su educación superior, a un mejoramiento de los procesos de formación de profesionales, científicos y tecnólogos en sus aulas y a un incremento en las probabilidades de desarrollo social basadas en la innovación y el conocimiento.

6.1.2. Los desafíos pendientes

A pesar del desarrollo significativo de la última década, varios ámbitos aparecen débiles y parecieran requerir esfuerzos adicionales en futuros programas de desarrollo. Uno de ellos se relaciona con los niveles de *formación de los investigadores*. Sólo un cuarto de ellos cuenta con entrenamiento doctoral, entrenamiento requerido para realizar en forma profesional las actividades de investigación científica y tecnológica. Futuros programas de fomento a la investigación deberían tender a incrementar muy significativamente la representación de este nivel de especialización.

Un segundo desafío, estrechamente vinculado al anterior, dice relación con aumentar la capacidad y actividad *de los programas de doctorado*. La tasa de ingreso a estos programas durante toda la década se mantuvo en torno al 0,8% del número de estudiantes egresados del pregrado. Sin dudas, este último tipo de estudiante

también aumentó durante la década, lo que explica el incremento en el número de graduados de programas de doctorado, a pesar de una tasa de ingreso casi constante. Sin embargo, dicha tasa de ingreso es aún muy baja y se puede transformar en una limitante a la formación de capital humano avanzado en las cantidades que Iberoamérica requiere para su desarrollo. Futuros proyectos y programas debieran orientarse a reforzar y diversificar la formación doctoral en la región, con todo lo que ello implica, a fin de aumentar los porcentajes de ingreso, ampliando las posibilidades de desarrollo de los estudiantes Iberoamericanos y, eventualmente, alcanzando las masas críticas necesarias para transformar C&T en una palanca de desarrollo.

Un análisis de las disciplinas cultivadas por los investigadores actualmente activos, aquellas en que se han especializado los graduados de programas de doctorado y aquellos ámbitos en lo que se publica desde Iberoamérica, muestran una *composición disciplinaria más bien tradicional*. Numerosos ámbitos, tales como genómica, informática, ciencia de los materiales, nanocomponentes, físico-química de polímeros y otros, que constituyen temas de frontera en todo el mundo y que abrigan importantes potencialidades de desarrollo, no aparecen entre los ámbitos disciplinares o subdisciplinares más comunes o entre las subdisciplinas cultivadas con cierta frecuencia en la región. Es perfectamente posible que esta impresión sea la resultante de los sistemas de clasificación de información derivados de las bases de datos usados para este trabajo. Sin embargo, cuando se analizan listados más extensos de disciplinas, como aquellos que agrupan contribuciones científicas, el problema se expresa en la frecuencia con que están representadas las subdisciplinas emergentes, valores de frecuencia que son muy bajos comparados con aquellas disciplinas más tradicionales. Así, junto con ampliar el número y diversidad de programas de doctorado pareciera necesario revisar contenidos y áreas de especialización. Estando la formación especializada de postgrado fuertemente vinculada a la presencia de grupos activos de investigación en un área dada, la ampliación y diversificación de los programas de doctorado requerirá, en último término, esfuerzos para establecer en la región nuevos núcleos de científicos y tecnólogos que estén incursionando en estas áreas emergentes de investigación.

Un último aspecto a considerar es el muy *bajo nivel de producción de patentes* que Iberoamérica muestra a nivel mundial. Sin dudas, esta es la resultante de una diversidad de factores, que incluyen desde orientaciones y prioridades en temas de formación doctoral y de especialización en investigación e innovación, hasta la escasa demanda de conocimiento que puede realizar un sector empresarial dedicado principalmente a la exportación de materia prima. La importancia que gradualmente está adquiriendo la innovación en nuestras sociedades, junto con cambios en la orientación de programas de investigación y de formación de personas debiera llevar a mejorar esta situación. Sin embargo, los resultados serán muy limitados si la región Iberoamericana no logra estimular la instalación y el desarrollo de empresas que exporten conocimiento más bien que materia prima desde la región. Ello significa un cambio sustancial en la estructura productiva de Iberoamérica, que parece estar ya tomando forma en algunos países.

6.1.3. *La heterogeneidad entre países*

Como se ha indicado en los distintos capítulos precedentes, las diferencias numéricas entre países del bloque iberoamericano emerge cada vez que se analizan recursos, humanos o materiales, para C&T o cada vez que se consideran productos, tales como publicaciones o patentes o procesos de formación de estudiantes.

Resulta entendible y esperable que cualquier conjunto de naciones agrupadas en un bloque regional muestre diferencias en recursos y resultados de las actividades en C&T. Sin embargo, las diferencias encontradas en Iberoamérica pueden alcanzar varios órdenes de magnitud entre distintos países. Más aún, aquellos que muestran limitaciones en un tipo de recursos (por ej. inversión), también lo muestran en los otros recursos, incluyendo capital humano establecido o en formación.

La existencia de esta enorme heterogeneidad cuestiona la formulación de políticas unitarias de desarrollo en este ámbito para todo el sector. Parece improbable que países, como España o Brasil, que encabezan los rankeos de ordenamiento en todos los indicadores, tengan prioridades similares de desarrollo que países que se encuentran al final de esos ordenamientos y cuando las distancias entre uno y otro grupo, usando cualquier indicador, puede llegar a ser cientos o miles de unidades de diferencia.

Pareciera que la prioridad en algunos países del bloque debiera dirigirse hacia la formación de una capacidad nacional en C&T, con suficiente inversión en la formación de científicos y tecnólogos, la instalación y funcionamiento adecuado de sus respectivos laboratorios y el enriquecimiento de las actividades de educación superior y formación de profesionales y científicos.

En otros países, en que esta basal ya ha sido establecida y que cuentan con un número adecuado de científicos y tecnólogos, la expansión del sistema y la incursión en procesos de innovación probablemente constituirán o están constituyendo ya la próxima prioridad. Es importante considerar, sin embargo, que los datos sugieren que no todos los países en la región están igualmente preparados para este cambio y que varios lo harán a distinta velocidad.

Aunque la heterogeneidad existente en Iberoamérica dificulta la formulación de planes unitarios de desarrollo, ella también sugiere la posibilidad de desarrollos complementarios, en que países con mayor desarrollo relativo colaboren con aquellos de menor desarrollo, aprovechando la historia y el lenguaje común entre los distintos países. Si bien es cierto que la innovación debiera orientarse a incrementar la competitividad económica de los países y que esta realidad pudiese limitar la colaboración, las diferencias anotadas anteriormente son de tal dimensión que difícilmente se visualiza efecto competidor entre uno y otros. Dicha competencia podría ocurrir entre países con desarrollo relativo intermedio, pero a menudo ellos difieren también en sus ventajas comparativas, por lo que también existiría espacio para amplia colaboración.

6.1.4. *La proyección global*

Una comparación de los avances realizados por Iberoamérica en la década muestra una incidencia menor a nivel mundial. Este resultado no deja de ser sorprendente cuando se considera, como se indicó anteriormente, que todos los parámetros usados como indicadores fueron duplicados durante la década. Un análisis de los resultados indica, sin embargo, que en todos los indicadores, el valor basal del que

Iberoamérica está partiendo es notablemente bajo a nivel internacional. Este es el resultado de años de postergación de inversión en C&T en la región, lo que hoy se traduce como un piso muy disminuido para empezar a construir.

La segunda enseñanza que dejan estos resultados, es que el resto del mundo también está intentando crecer y desarrollarse en capacidades científico-tecnológicas y de innovación. Así, los valores promedio de inversión, formación de capital humano, producción de publicaciones y patentes se está moviendo en todo el mundo y especialmente en aquellos países y regiones con mayor desarrollo y mayor capacidad de inversión. Por lo tanto, para alcanzar un nivel de preponderancia a nivel mundial, Iberoamérica deberá no sólo usar sus inversiones previas como punto de referencia sino que también comparar y sobrepasar el promedio mundial, el que podría adquirir mayor velocidad por mayores inversiones en C&T en distintas partes del mundo.

6.2. *El rol de las Universidades en el desarrollo científico-tecnológico de Iberoamérica*

Las páginas anteriores han permitido cuantificar el rol que las Universidades que realizan investigación han jugado en los desarrollos científico-tecnológicos en Iberoamérica durante la década 1998-2007. Los informes individuales de cada país, por su parte, agregan más elementos descriptivos de esta realidad.

Como fue anticipado en el Informe sobre Educación Superior (CINDA 2007), las *Universidades concentran entre el 47 y el 50% de los investigadores activos*. En los últimos años ha habido una disminución del porcentaje de investigadores trabajando en Universidades, por aumento del número de investigadores en las empresas. Pero dicha reducción es sólo en porcentajes, no en números totales de investigadores. Siendo los científicos y tecnólogos el personal capacitado para introducir conocimientos, así como desarrollos científicos y tecnológicos externos, una parte importante del desarrollo social en todos los países depende de este conjunto de trabajadores universitarios activos en investigación.

Este conjunto de investigadores universitarios *ejecuta cada año entre el 30 y el 35% del presupuesto* de investigación y desarrollo de Iberoamérica, inversión que significa desarrollo de nuevos proyectos, formación de capital humano avanzado, mejoramiento de infraestructura que a menudo se comparte con las necesidades docentes y producción de publicaciones y patentes.

La formación de capital humano avanzado es una actividad restringida exclusivamente a las Universidades. Así, este conjunto de científicos y tecnólogos universitarios gradúa anualmente unos 14 mil doctores, científicos jóvenes que eventualmente ampliarán las actividades y líneas de investigación actualmente existentes y también servirá como generaciones de reemplazo de los científicos actualmente activos. En países donde existe un sector empresarial activo en investigación, la enseñanza de nuevas generaciones de doctores se está viendo reforzada con investigadores provenientes de la industria. Ello conlleva el beneficio de incorporar nuevas perspectivas a la formación de los estudiantes y un acercamiento de la enseñanza de los programas doctorales a la industria. Sin embargo, la responsabilidad de los programas, sus avances, desarrollos y calidad sigue estando radicada fuertemente en las Universidades.

Siendo las Universidades instituciones que concentran cercano al 50% del personal activo en ciencia y tecnología, *su contribución en publicaciones y patentes* es desproporcionada porque ella sobrepasa el 50%. En el *caso de publicaciones*, el sector universitario produce entre el 65 y el 75% de las publicaciones producidas en Iberoamérica. La contribución relativa de la Universidad es mayor en países con menor desarrollo relativo de los componentes empresarial y gubernamental, los que con mayor desarrollo generan un número mayor de contribuciones científicas. Sin embargo, incluso en esas sociedades, las Universidades son responsables de 65-66% de las publicaciones.

El patrón de producción de patentes es similar al de publicaciones, pero más extremo. En países con mayor desarrollo relativo de actividades de investigación en empresas, éstas y las instituciones de gobierno pueden contribuir hasta un 60% de las patentes producidas por un país dado. En otras sociedades con menor desarrollo relativo de actividades de innovación e investigación tecnológica en las empresas, el trabajo universitario es el único que genera patentes. Cuando se inician los procesos de innovación en esos países, es esperable que las Universidades sean las primeras en patentar innovaciones, como parece estar ocurriendo en varios países de Iberoamérica.

Mirado en su conjunto, la cuantificación de procesos realizada en los capítulos precedentes sugiere que las Universidades de investigación de la región han sido la base de los desarrollos e incrementos actualmente en ejecución. Estos resultados indican muy fuertemente la necesidad de reforzar las actividades de las universidades de investigación en la región, renovando y expandiendo el número de sus investigadores, incrementando y diversificando sus programas de formación de capital humano avanzado y reforzando sus relaciones con la industria, especialmente con el tipo de empresas intensivas en el uso de conocimiento. Así como el desarrollo de políticas de innovación pone fuerte énfasis en la creación de empresas, capaces de usar tecnología y conocimiento, incrementando la competitividad económica de las naciones, los estados de Iberoamérica debieran considerar muy seriamente la creación de más y mejores Universidades de investigación en la región, que puedan desarrollar la ciencia, la tecnología y la innovación.

En aquellos países en que el desarrollo técnico-empresarial está recién empezando, un número mayor de Universidades de investigación permitiría incrementar la formación de capital humano, incursionar en un número mayor y más diverso de áreas de desarrollo científico-tecnológico, así como aumentar la capacidad de estas sociedades para incorporar y utilizar conocimientos obtenidos en otras partes del mundo.

En países con un mayor desarrollo técnico-empresarial, un número mayor de Universidades de investigación podría acompañar en forma más eficiente el desarrollo de la innovación y el tránsito hacia la sociedad del conocimiento, aportando hallazgos y descubrimientos propios a las empresas y al desarrollo económico del país. Basta recordar que hoy las naciones con mayor grado de desarrollo económico no sólo cuentan con empresas altamente tecnificadas e intensivas en el uso de conocimiento. También cuentan con una capacidad científico-tecnológica altamente especializada y diversificada, una parte de la cual está radicada en un número alto de Universidades de Investigación.

Bibliografía

Libros y Publicaciones

- Barnes S.A. Prólogo. Pp 7-13. En, S.A. Barnes (Ed.). Un siglo después de Darwin. Alianza Editorial S.A., Madrid, España, 1966.
- CINDA. Educación Superior en Iberoamérica. Informe 2007. Centro Interuniversitario de Desarrollo, Santiago, Chile, 319 pp.
- European Commission. A more research-intensive and integrated European research area. Science, Technology and Competitiveness. Key figures report 2008/2009. Directorate General for Research, Belgium, 167 pp.
- Manual de Frascati. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). 2002.
- OECD. Science and Technology Policy. Paris 1994, 314 pp.
- Inter-American Development Bank. Education, Science and Technology in Latin America and the Caribbean. Sustainable Development Department, New York, 129 pp., 2006.
- Rüegg W. A history of the University in Europe, Vol. III. Universities in the Nineteenth and early Twentieth Centuries (1800-1945). 772 pp. Cambridge, United Kingdom, 2004.
- Santelices B. Uso y abuso de los índices de cita y de impacto. Revista Chilena de Historia Natural 67: 253-254, 1994.
- Santelices B. Desarrollo científico-tecnológico y transferencia tecnológica en Chile: Elementos de política. Pp. 17-23. En, Cooperación Universidad-Empresa: Experiencias comparadas. CINDA, colección Ciencia y Tecnología N° 42, Santiago, Chile, 1997.
- Tort P. Darwin and the science of evolution. 159 pp. Harry N. Abrams, Inc. New York, 2001.

Base de Datos

- CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. <http://www.cytcd.org/>
- UNESCO. Institute for Statistics, Data Bank, Science and Technology 2008. <http://www.unesco.org/ve/>
- National Science Board (NSF), Science and Engineering Indicators 2008. <http://www.nsf.gov/statistics/seind/toc.htm>
- RICYT. Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología – Iberoamericana e Interamericana. <http://ricyt.edu.ar/>
- SCIMAGO. Universia Ranking RI3 para clasificar Instituciones Iberoamericanas de Investigación. <http://investigacion.universia.net/isi/isi.html>

Informe desde la perspectiva europea del desarrollo científico-tecnológico en Iberoamérica (1998-2007) y el rol de las universidades

Francisco Javier Sardina

Catedrático de Química Orgánica de la
Universidad de Santiago de Compostela

Sonia Martínez Arca

Directora de Recursos de Apoyo a la Investigación y
Proyección Exterior de la Universidad de Santiago de Compostela

Senén Barro

Rector de la Universidad de
Santiago de Compostela

El papel de la universidad en la investigación se ha entendido, tradicionalmente, como el descubrimiento y la generación de nuevo conocimiento, y la solución de problemas teóricos y prácticos, con intervención de los métodos provistos por las diferentes disciplinas académicas integradas en la institución universitaria. Más recientemente, la función de las universidades en el campo de la investigación ha experimentado tres evoluciones importantes:

1. La investigación académica, realizada principalmente en las universidades, ha empezado a convivir con la investigación que llevan a cabo las empresas, produciéndose una creciente, y no siempre fácil, interacción entre ambas.
2. Nuevas formas de producir conocimiento han entrado en escena, cuya lógica, comunicación y control no residen exclusiva, ni siquiera principalmente, en las universidades.
3. La investigación propiamente académica se ha visto sometida a un régimen cada vez más intenso de medición y evaluación externas, en la misma medida que han aumentado los recursos públicos destinados a ella y que su importancia para la promoción profesional y su trascendencia para las sociedades se ha visto incrementada.

Ante estas presiones los sistemas de educación superior se han visto forzados a reconocer que sólo unas pocas instituciones de cada país pueden operar, plenamente, como Universidades de Investigación en la frontera del conocimiento, lo cual no es privativo del área iberoamericana, sino que se extiende a todo el mundo desarrollado.

A diferencia de lo que ocurre en los países más desarrollados, el centro de gravedad de las actividades de I+D reside en Iberoamérica en ese pequeño núcleo de universidades de investigación. En general, los recursos humanos ocupados en labores de producción de ciencia y tecnología son escasos y se hallan concentrados, precisamente, en este grupo de universidades. Asimismo, la producción de conocimiento académico originado en la región, aunque reducido en volumen de publicaciones internacionalmente registradas, sin embargo es el único y más activo vínculo con la comunidad científica mundial, y ofrece la base para el desarrollo de los programas de enseñanza más avanzada, a nivel de doctorado.

Como en otras partes del mundo, la cuestión de la financiación de las actividades universitarias de I+D constituye también un asunto de particular preocupación en Iberoamérica. La baja inversión en ciencia y tecnología es un problema, y es invocada como la principal causa del atraso que se observa en los países de la región en el frente de la producción de conocimiento. Sin duda, es un elemento negativo, pero hay además problemas de organización de las labores de I+D en las universidades, escasa vinculación con las empresas y el sector productivo, ausencia de prioridades gubernamentales, sistemas nacionales de innovación desarticulados, baja productividad del trabajo académico de investigación y un desarrollo todavía frágil, en la mayoría de los sistemas de educación superior, de los programas de formación de nuevos investigadores.

1. Marco socioeconómico de referencia de los sistemas de I+D universitarios iberoamericanos

Resulta imposible establecer adecuadamente la relevancia de la contribución de las universidades iberoamericanas al desarrollo científico-tecnológico diferencial de la zona frente a Europa sin contemplarla en su marco socioeconómico de referencia. A continuación se hace una breve descripción de los índices más destacados que deben tenerse en cuenta a la hora de contextualizar los análisis de los indicadores científicos recogidos en este estudio.

Como comentario general previo debe destacarse el hecho de que los países iberoamericanos presentan una mucho mayor heterogeneidad en sus datos socioeconómicos que la que se da entre los países europeos.

1.1. Marco económico

- *PIB*: Durante las últimas tres décadas, sólo Chile, Portugal, República Dominicana, España, Brasil y Colombia han crecido a la par o por encima del crecimiento mundial promedio (1,4%). En su conjunto, en los países de América Latina y el Caribe el PIB per capita aumentó durante el mismo período apenas en un 0,6%, comparado con un crecimiento de 2,4% para los países en desarrollo.
- *Economía basada en el conocimiento*: El avance de los países iberoamericanos hacia la economía global basada en el uso intensivo del conocimiento es todavía reducido. En una escala de 1 a 10, sólo España, Portugal y Chile alcanzan cifras superiores a siete, situándose América Latina y el Caribe en su conjunto en el nivel 4,7 y el global del mundo en 5,6. Cuatro factores contribuyen a estos índices de economía del conocimiento: calidad del régimen de incentivos económicos; capacidad de innovación ponderada por población; aporte de la educación, que opera como un indicador de capital humano, y la penetración y uso de tecnologías de información y comunicación (TIC). En la mayoría de los países iberoamericanos se observa una reducida contribución del factor educación o capital humano.

1.2. Marco social:

- *Desarrollo Humano*: De acuerdo con la clasificación del Índice de Desarrollo Humano de la Organización de Naciones Unidas, España, Portugal, Argentina, Chile, Uruguay, México y Panamá se integran en el grupo de países de alto desarrollo humano; el resto de los países de la zona se ubica dentro del grupo de desarrollo humano medio.
- *Niveles de pobreza*: son particularmente altos en Bolivia, Ecuador y Panamá. En la mayoría de los países estos índices revelan que aún subsisten grados relativamente altos de exclusión social.

- *Índice de Desarrollo Educativo*: sitúa a los países iberoamericanos, con la excepción de España y Argentina, en posiciones rezagadas en el mundo, por debajo del tercio de países con mayor desarrollo según este indicador.
- *Igualdad en la educación*: Hay países con una baja tasa promedio de escolarización en el grupo de edad de 13 a 19 años, como son Colombia, México y Venezuela. Otros tienen tasas relativamente altas de escolarización y un menor grado de desigualdad escolar, como es el caso de Bolivia y República Dominicana. A esto hay que agregar el hecho de que un porcentaje significativo de los jóvenes de 15 a 19 años o bien no ingresa al sistema escolar o deserta antes de terminar el ciclo secundario, o bien se encuentra cursando sus estudios pero con un fuerte retraso de edad; es el caso, especialmente, de Bolivia, Costa Rica, Colombia y México. Este fenómeno es particularmente severo en las áreas rurales. Los que no ingresan al sistema, abandonan antes de finalizar sus estudios o se hallan muy retrasados son alrededor de un 60% o más en la mayoría de los países del área. De entre los países iberoamericanos de América Latina sólo Chile y República Dominicana muestran una mayor efectividad escolar en sus zonas rurales.
- *Capital humano*: El capital humano se expresa *cuantitativamente* por los años promedio de escolarización de la población. En las últimas décadas, Iberoamérica ha venido aumentando su capital humano, aunque aún sigue lejos del nivel de los países desarrollados o del ritmo de acumulación que exhiben algunos de ellos. En Iberoamérica ningún país alcanza los 9 años de escolarización promedio (frente a los 15 de Corea) y aquellos que experimentaron un mayor incremento durante el mismo período aumentaron sólo un año de escolarización promedio por década (México, Perú y Portugal) (frente a los casi 2 de Corea). Además, existen en Iberoamérica diferencias pronunciadas entre el nivel del capital humano de la población en general y el de la población rural, diferencias que alcanzan a más de 3 años de escolarización en los casos de Bolivia, Chile, Colombia, México y Perú.
- *Cualitativamente* el capital humano se mide por las competencias y habilidades adquiridas por las personas a lo largo de la vida a través de los procesos formales e informales de aprendizaje en que participan. El nivel de competencia adquirida por los estudiantes a los 15 años de edad se mide según la prueba PISA. Con excepción de España, que se acerca a la puntuación promedio de los países de la OCDE (500 puntos), los demás países del área iberoamericana obtienen puntuaciones netamente inferiores. A esto hay que añadir que al menos la mitad de los alumnos no ha logrado a los 15 años las competencias de desempeño mínimas para operar con información.
- *Presencia de la educación superior en la población*: la proporción de la población mayor de 25 años con estudios superiores varía entre un 10% o menos, como en el caso de Brasil, y más de 25%, como en el caso de España. El porcentaje de personas con educación terciaria en los diferentes grupos de edad permite observar el avance intergeneracional en la acumulación de capital humano avanzado, que ha sido rápido en España y relativamente lento en los demás países iberoamericanos.

2. El rol de la universidad iberoamericana en la I+D

Aspectos generales

Los datos globales más relevantes del sistema universitario iberoamericano de I+D se presentan a continuación.

- *Recursos humanos en I+D:* En comparación con los países desarrollados, los países iberoamericanos poseen una baja dotación de personal altamente calificado dedicado a labores de I+D, incluidos España y Portugal, que, aún así, destacan dentro del contexto regional.

El porcentaje de investigadores por millón de habitantes varía entre los 50 de El Salvador y los más de 2.000 de España. Estas cifras reflejan una baja densidad de conocimiento avanzado en la fuerza de trabajo de los países iberoamericanos, con un promedio de 1,4 investigadores (contabilizados como Empleo Equivalente a Jornada Completa, EJC) por cada 1000 trabajadores. España (5,4), Portugal (5,0) y Chile (2,4) son los países más destacados del área. Los países más desarrollados presentan promedios de más de 6 investigadores a JCE por 1000 trabajadores.

Por sector de empleo, la mayor parte de los trabajadores de I+D se concentra en las universidades y en el sector público.

- *Producción científica:* Durante los últimos 15 años, el conjunto de los países de Iberoamérica ha contribuido a la producción mundial de conocimiento científico y técnico con sólo un 4% del total, menos de la mitad de su participación en la población mundial. Aún así, durante el mismo período de 15 años (1988-2003), la participación iberoamericana en la producción mundial de nuevo conocimiento se ha duplicado, pasando de 2,5% el año 1988 a 5,2% el año 2003, correspondiendo los mayores incrementos a España, Brasil, México y Portugal.

En lo que respecta a la especialización por campos científicos, las áreas de medicina clínica, investigación bio-médica y biología tienden a tener gran preponderancia, representando más de la mitad de la producción total, un peso mayor que en los países de desarrollados. Por países, Chile muestra una actividad particularmente intensa en el área de las ciencias de la tierra y el espacio, México en el área de la física, Perú en medicina clínica, Portugal en las ingenierías y tecnologías y Venezuela en el área de la química.

- *Cooperación internacional:* Los países con un mayor volumen de producción tienden a tener una mayor proporción de producción generada endógenamente. De todas formas, entre los países iberoamericanos más de un tercio de su producción corresponde a artículos producidos bajo el régimen de coautoría internacional y este porcentaje está en progresión constante en los últimos años, dándose los mayores porcentajes de incremento en Argentina y España.
- *Patentes:* La producción de conocimiento más directamente utilizada por la economía es extraordinariamente baja en los países de Iberoamérica. Durante un período de 40 años, los países de la zona registraron en total menos de mil patentes en los EEUU, con la excepción de España, México, Brasil y Argen-

tina, muy lejos de las 17 mil patentes registradas por Australia o de las 120 mil patentes de Gran Bretaña. Durante los últimos 10 años sólo tres países (España, Brasil y México) han logrado mejoras sensibles en este indicador.

- *Gasto en I+D*: El gasto en I+D ha sido tradicionalmente bajo en los países iberoamericanos. Expresado en relación al PIB, se sitúa por debajo del 1%, con las únicas excepciones de España y Brasil. En términos relativos a la población, mientras que el gasto anual de los países desarrollados está por encima de 450 USD por habitante, en el caso de los países iberoamericanos fluctúa entre los 3 USD y 75 USD por habitante, siendo más alto solamente en España y Portugal.

Existe una clara asociación entre el nivel de gasto en I+D de los países y su nivel relativo de desarrollo, medido por el ingreso *per capita* de su población. Esta tendencia es patente para la mayoría de los países, existiendo, sin embargo, algunos que destacan por efectuar un gasto superior al que cabría esperar dado su nivel de desarrollo, como es el caso de Brasil, y otros cuyo gasto se sitúa por debajo de lo esperable, como ocurre con Argentina, España y Portugal.

Según su fuente de origen, los recursos destinados a I+D son mayoritariamente de origen público. En cambio, en los países más desarrollados, una parte significativa se origina en las empresas, situación que en Iberoamérica sólo se da, aunque en menor proporción, en Brasil, Colombia, Uruguay y España. Paralelamente, la mayor parte del gasto en I+D se destina en los países iberoamericanos a las universidades, centros gubernamentales de investigación y organismos privados sin fines de lucro. Sólo en España más de la mitad del gasto se ejecuta en las empresas, situación común en los países más desarrollados.

- *Costes y resultados*: La relación entre gasto en I+D y producción de conocimiento medido por el número de artículos publicados y registrados internacionalmente muestra en Iberoamérica una productividad dispar entre los países, con un promedio de 3,2 artículos producidos por cada millón de dólares invertidos, siendo Argentina (entre los principales países productores de la región) el más productivo, y México el que muestra el índice más bajo. En términos del número de artículos publicados por cada 100 investigadores (a JCE), la productividad promedio iberoamericana se sitúa en torno a 24 artículos publicados, ocupando en este caso España la posición más alta y Argentina la más baja.
- *Impacto*: Una modo habitual de medir el impacto de la producción de conocimiento científico de los países es mediante el número de citas que generan los artículos publicados. La mayoría de los países del área presenta una evolución positiva en los últimos años, en particular, en los casos de Brasil, España, Portugal y México. De todas formas, el impacto promedio del conocimiento generado en Iberoamérica es bajo comparado con el de los países desarrollados.

3. Comparativa del desarrollo científico-tecnológico entre Iberoamérica y Europa: el rol de las universidades en ambos entornos

En este apartado se presenta un análisis comparativo de la evolución en la última década y de la situación actual de Iberoamérica y Europa en cuanto al desarrollo científico-tecnológico y al papel que desempeñan las universidades en este ámbito. Para ello nos centraremos en el análisis de cuatro aspectos claves:

1. Inversión en I+D
2. Capital Humano en I+D
3. Publicaciones científicas
4. Patentes y valorización de resultados de investigación

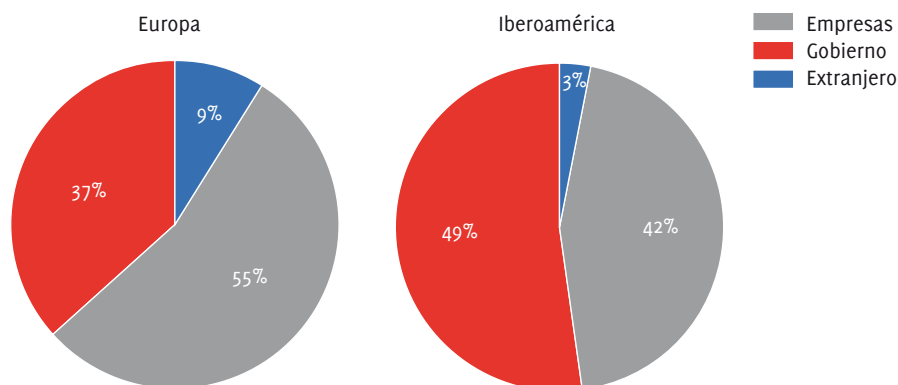


Fig. 1. Inversión en I+D según los principales orígenes de los fondos. Datos 2006.

Los datos que se muestran corresponden, salvo donde se indique lo contrario, a datos globales de Iberoamérica y Europa, y deben ser interpretados como tales, sabiendo que en ambos casos existen importantes diferencias entre países, apuntadas más arriba, pero cuyo análisis detallado va más allá del objetivo de este capítulo. En el caso de Europa los datos se refieren a los 27 estados miembros de la Unión Europea («la Europa de los 27»), y en el caso de Iberoamérica se incluyen a los 15 países que se analizan a lo largo del presente informe.

3.1. Inversión en I+D

Los datos más recientes (2006) muestran una destacada diferencia entre la inversión europea e iberoamericana en I+D, con valores que alcanzan globalmente el 1,84% y el 0,8% del PIB, respectivamente. Hay que subrayar dos aspectos claves: en ambos casos existen grandes diferencias entre países, y de hecho en Europa sólo dos países –Suecia y Finlandia– superan el 3% del PIB en I+D, que fue establecido como objetivo para 2010 en la llamada «Estrategia de Lisboa», y sólo cuatro países –Alemania, Francia, Austria y Dinamarca– superan el 2%. Así, hay diez países en la

Europa de los 27 con inversiones en I+D inferiores al 1%, más cercanas, por tanto, a la media de Iberoamérica que a la de los países líderes en Europa en este ámbito. Otro aspecto a destacar es la evolución que ambas regiones han experimentado en la última década: Iberoamérica, en su conjunto, muestra una evolución favorable, habiendo pasado de una inversión del 0,58% del PIB en 1997 al 0,8% en 2006, mientras que, globalmente, Europa no ha mejorado su nivel de inversión en I+D en términos de % del PIB, lo que ha sido debido, en parte, a la incorporación a la Unión Europea de países con niveles de inversión muy inferiores a la media. En todo caso, tanto Iberoamérica como Europa en su conjunto están muy por debajo del nivel de inversión en I+D de Estados Unidos (2,61%) o Japón (3,32%).

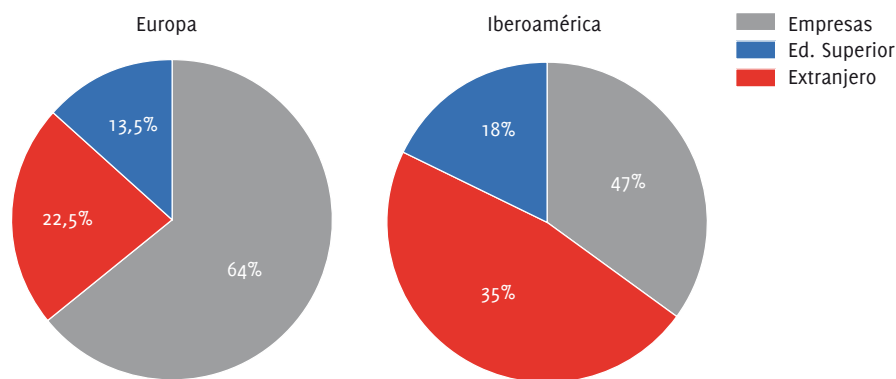


Fig. 2. Inversión en I+D por sector de ejecución. Datos 2006

Existen diferencias importantes entre el ámbito iberoamericano y el europeo, en términos de inversión en I+D, no sólo en la cantidad total invertida, sino también en la procedencia de esta inversión. Así, y desde hace una década, la mayor parte de la inversión en I+D en Europa procede del sector privado (un 55%, lejos aún, sin embargo, del 66% fijado como objetivo en la Estrategia de Lisboa) mientras que la media iberoamericana se sitúa en un 42%, si bien es cierto que este porcentaje ha experimentado un notable incremento en la última década, ya que se partía de un 37% hace diez años. En línea con estos datos, el peso de la inversión en I+D procedente de los gobiernos se ha reducido en Iberoamérica del 56% al 49%, aunque aún está muy por encima de la media europea, 33% en 2006, que además muestra también una tendencia a la baja en los últimos años. Una vez más encontramos grandes diferencias entre países: así, en el caso de España la aportación de las empresas es del 47%, más cercano por tanto a la media iberoamericana que a la media europea, y en países como Grecia y Lituania es el sector de Educación Superior el que más aporta a la I+D.

Es importante destacar la diferente naturaleza de la contribución de la inversión extranjera en I+D en las dos regiones: en el caso europeo nos encontramos con un 9% de inversión extranjera en I+D, atribuible mayoritariamente a inversión de empresas no europeas, mientras que en el caso de Iberoamérica el 3% de inversión en I+D procedente del extranjero corresponde a la ayuda a la cooperación internacional.

Otro rasgo marcadamente diferente entre Europa e Iberoamérica tiene que ver con los sectores de ejecución de la inversión en I+D. En Europa casi dos tercios

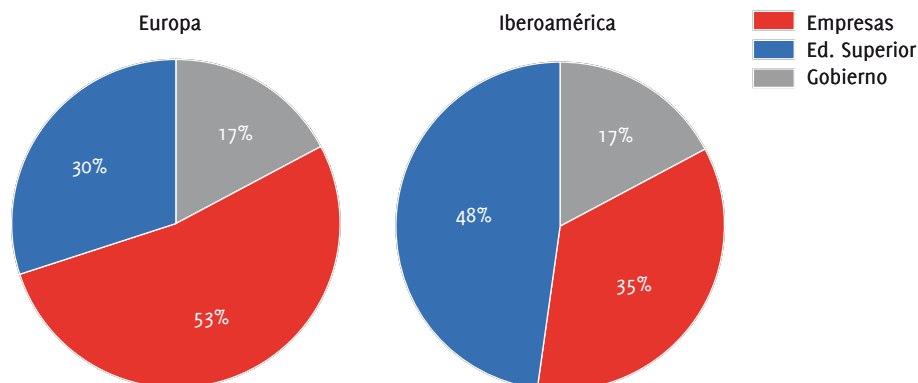


Fig. 3. Distribución de los investigadores en Iberoamérica y Europa por los principales sectores de ejecución

(64%) de la inversión en I+D se ejecuta en empresas, mientras que en Iberoamérica este valor se sitúa en el 47%, si bien la evolución de los últimos años (40% en 1997) marca una importante tendencia al alza. En consonancia con estos datos, la inversión ejecutada por los gobiernos en Europa es sólo del 13,5%, mientras que en Iberoamérica alcanza el 18%, aunque la tendencia es a la baja (en el año 2000 era del 29%). Es en este aspecto –ejecución de la inversión– donde quizás se refleja más claramente el destacado papel de las universidades en investigación y desarrollo, tanto en Iberoamérica como en Europa: en ambos casos las universidades son el segundo agente de ejecución de I+D en importancia, aunque las diferencias con el primero –las empresas– son mucho mayores en Europa. Así, aproximadamente un tercio del total de inversión iberoamericana es ejecutado por los organismos de educación superior, un valor que, a diferencia de lo ocurrido con la inversión ejecutada por las empresas y el gobierno, se ha mantenido estable en la última década. En el ámbito europeo, si bien en números absolutos la inversión ejecutada por las universidades es mucho mayor, supone sólo un 22,5% del total.

Tabla 1: Resumen Comparativo de Indicadores de Inversión en I+D en Iberoamérica y Europa. Datos 2006

Indicadores de la Inversión en I+D	Iberoamérica	Europa
Inversión en I+D (% del PIB)	0,8%	1,84%
Inversión en I+D procedente de las empresas	42%	55%
Inversión en I+D procedente del Gobierno	49%	33%
Inversión en I+D ejecutada por las empresas	47%	64%
Inversión en I+D ejecutada por el Gobierno	18%	13%
Inversión en I+D ejecutada por instituciones de Educación Superior	35%	22%

3.2. Capital Humano en I+D

En los últimos diez años el panorama del personal dedicado a tareas de I+D en Iberoamérica ha experimentado un cambio espectacular, prácticamente duplicando el número de investigadores en números absolutos (195.000 investigadores a

jornada completa en 1997 frente a más de 370.000 en 2006), lo que en términos porcentuales de la población activa supone pasar del 0,9‰ al 1,4‰, aunque lejos aún del 6,25‰ europeo. En este sentido es importante destacar que las tasas de crecimiento anual en cuanto al número de investigadores son inferiores en Europa (2,8% de incremento medio en los últimos años) que en Iberoamérica (7,5%). Tal y como ocurría con la inversión, en este caso no sólo es interesante analizar el número global de investigadores, sino dónde éstos ejercen su actividad, y es también aquí donde se aprecian importantes diferencias entre Iberoamérica y Europa: en Europa el 53% de los investigadores trabaja en empresas¹, mientras que el dato correspondiente en Iberoamérica es del 35%, aunque ha experimentado un notable incremento, ya que hace diez años era tan sólo del 16%. En contrapartida, el 48% de los investigadores iberoamericanos ejercen su actividad en instituciones de educación superior, un porcentaje que ha ido reduciéndose en los últimos años (suponía el 60% en 1997), si bien es aún muy superior al 30% europeo.

En cuanto a la participación de las mujeres en la investigación y el desarrollo, la situación es mejor en Iberoamérica que en Europa, ya que en el primer caso se sitúa alrededor del 40%, mientras que en Europa es globalmente del 30%, con notables diferencias según el sector (23% en empresas y 45% en entidades de educación superior).

En lo que se refiere a las disciplinas científicas en las que desempeñan su actividad los investigadores, no se detectan diferencias significativas entre Iberoamérica y Europa, quizás porque en ningún caso hay una única disciplina que emerja como mayoritaria, quizás porque en el caso de Europa existen grandes diferencias entre países. En cualquier caso, la mayoría de los investigadores iberoamericanos se reparten entre Ciencias Naturales, Sociales y Médicas, y ésta es también la tónica en Europa, con excepciones como Bélgica y Luxemburgo, donde Ingeniería es la disciplina más frecuente o Estonia, donde predominan las Humanidades.

Otra diferencia destacable entre Europa e Iberoamérica, en lo que se refiere al capital humano dedicado a investigación y desarrollo, es la cualificación de éste. Así, y sabiendo que existen importantes diferencias entre países, tanto en Europa como en Iberoamérica, la media de investigadores con el título de doctor es del 43% en Europa y de alrededor del 25% en Iberoamérica.

Tabla 2: Resumen Comparativo de Indicadores de Capital humano en I+D en Iberoamérica y Europa. Datos 2006.

<i>Indicadores del Capital Humano en I+D</i>	<i>Iberoamérica</i>	<i>Europa</i>
Investigadores (% de la población activa)	1,4‰	6,25‰
Tasa de crecimiento anual del número de investigadores	7,5%	2,8%
Investigadores en el sector privado	35%	53%
Investigadores en entidades de Educación Superior	48%	30%
Participación de las mujeres (% del total de investigadores)	40%	30%
Doctores (% del total de investigadores)	25%	43%

¹ Los datos de distribución de capital humano entre empresas y universidades se refieren a personal investigador, no exclusivamente investigadores, si bien la distribución por sectores no varía de manera significativa.

3.3. Publicaciones Científicas

Las importantes diferencias en inversión en I+D así como en el número de investigadores entre Europa e Iberoamérica se reflejan, como era de esperar, en su diferente contribución a la bibliografía científica mundial. Así, globalmente Europa contribuye con un 37,6% al total mundial de publicaciones científicas, mientras que Iberoamérica lo hace con un 8,1% (datos 2005). Las tendencias sin embargo son muy diferentes, ya que Iberoamérica se encuentra, al igual que otras regiones emergentes, en una fase de crecimiento, con un incremento en el número de publicaciones de más del 80% en la última década, mientras que Europa en su conjunto está en una fase de estabilización, si bien, una vez más, con grandes diferencias entre países (España por ejemplo ha crecido desde una aportación del 2,5% mundial de publicaciones en el año 2000 hasta el 3,1% en 2006)

En la base de estas diferencias se hayan, como ya se ha comentado, las enormes diferencias en términos absolutos en el número de investigadores entre Iberoamérica y Europa (344.000 frente a 1,3 M), pero esta diferencia por sí sola no explica el contraste entre ambos entornos; en otras palabras, la productividad de los investigadores iberoamericanos también es menor que la de los europeos, situación en la que sin duda también tienen mucho que ver las diferencias en el acceso a la inversión en I+D.

Tabla 3: Resumen Comparativo de Indicadores de Producción Científica entre Iberoamérica y Europa. Datos 2005.

Indicadores de Publicaciones Científicas	Iberoamérica	Europa
Contribución al total de publicaciones científicas mundiales	8,1%	37,6%
Publicaciones por investigador a tiempo completo (nº/100 invest.)	22,4	26,8

Puesto de manifiesto todo lo anterior, es también evidente que en términos de publicaciones no se puede considerar como único indicador el número total de artículos publicados, sino que es crucial tener en cuenta la calidad de los mismos. En este sentido se han publicado distintos estudios basados en diferentes indicadores que miden la calidad de las publicaciones científicas de una institución. Queremos resaltar aquí el informe SCIMAGO del año 2009, basado en publicaciones del período 2003-2007, que analiza 2000 instituciones científicas mundiales y que integra cinco indicadores relativos a la capacidad investigadora de las instituciones analizadas, sus colaboraciones e impacto, entre otros, todos ellos normalizados por el tamaño y el perfil de la institución. En este informe encontramos sólo tres instituciones iberoamericanas entre las 100 primeras entidades clasificadas: el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, España), la Universidad de Sao Paulo (Brasil) y la Universidad Autónoma de México (México), mientras que en las mismas posiciones aparecen 25 instituciones europeas. Es, sin embargo, llamativo que de las tres instituciones iberoamericanas clasificadas entre las 100 primeras las únicas universidades corresponden a países americanos, mientras que en el caso de España se trata de una organización de investigación gubernamental.

3.4. *Patentes y Valorización de resultados de la Investigación*

Es sin duda en este aspecto, clave para que los avances conseguidos en investigación se traduzcan en mejoras a nivel socioeconómico, donde constatamos las mayores diferencias entre Iberoamérica y Europa. En términos globales Europa representa el 31% del total de patentes PCT solicitadas, mientras que Iberoamérica representa sólo el 0,22%. En ambos casos, la tendencia de los últimos años es a la baja, debido a la mayor contribución de otros países emergentes al global mundial de solicitudes PCT. Sin embargo, si atendemos a la producción de patentes por investigador, el rendimiento en Iberoamérica es muy inferior al europeo (más de 30 veces menor). Por tanto, los esfuerzos de los últimos años para incrementar la inversión en I+D en Iberoamérica, que sí se reflejan en un aumento del número de investigadores y del número total de publicaciones, no se están traduciendo en una mayor valorización de los resultados de la investigación. No debe olvidarse que hay una relación directa probada entre el número de patentes solicitadas, el PIB de un país y la inversión en I+D.

Un aspecto destacado de la diferente dinámica en términos de patentes en Iberoamérica y Europa es la tasa de patentes solicitadas por no residentes: en Iberoamérica está alrededor del 40% (42,9% en 2006), muy similar a la media mundial (43,3% en 2007) mientras que en el caso de las solicitudes ante la European Patent Office el valor medio europeo de solicitudes de no residentes es tan sólo del 12%.

Sólo dos países iberoamericanos, España y Brasil, están entre el Top 25 de los que más patentes PCT solicitan y, curiosamente, con un comportamiento notablemente diferente de otros países en este grupo: presentan menos solicitudes procedentes de empresas (51% en España y 45% en Brasil, frente a la media del 83% en este grupo) y una mayor contribución de las universidades y los particulares, de alguna manera poniendo de manifiesto la importancia de las universidades en la generación y protección del conocimiento en estos países.

El primer paso para trasladar a la sociedad el conocimiento generado en las universidades es sin duda protegerlo, pero la patente debe ser sólo un primer paso en el desarrollo de un nuevo producto o servicio. Por eso es importante conocer el destino de las patentes, muchas o pocas, que se generan en Iberoamérica y Europa. Esta es una información no disponible a día de hoy, pero hay otros indicadores que pueden ilustrar la eficacia de las universidades a la hora de transferir a la sociedad el valor que generan. Uno de estos indicadores es el número de empresas creadas desde las propias universidades, que en Europa ha sido, en 2006, de 473 empresas, un número que ha ido creciendo de manera notable desde principios de esta década (108 en 2004).

4. Discusión y conclusiones

4.1. Análisis DAFO de la situación en I+D en Iberoamérica

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Poca masa crítica de investigadores • Baja inversión global en I+D • Débil implicación empresas • Mejorable productividad científica • Muy baja protección del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Situación económica difícil • Fuga de cerebros • Competencia de otras regiones emergentes
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Creciente implicación del sector privado • Fase de crecimiento • Alta incorporación de la mujer al sector 	<ul style="list-style-type: none"> • Cierta estancamiento en Estados Unidos y Europa • Gobiernos receptivos a la I+D • Apuesta por la Sociedad Iberoamericana del Conocimiento

4.2. Problemas estructurales detectados, con solución sólo a medio y largo plazo

- *Debilidad de los sistemas de educación elemental y secundaria.* En muchos países iberoamericanos se dan situaciones de gran desigualdad (ricos/pobres, medio urbano/rural) en el acceso a la enseñanza, así como deficientes políticas de integración social a través de la educación. Esto conduce a una baja formación de los estudiantes que acceden a la universidad, verdadera fuerza motriz de la I+D, y a una baja proporción de ciudadanos con formación superior, así como de personal capacitado para dirigir y llevar a cabo las acciones de I+D y de implementar los resultados de éstas en los sectores productivos.
- *Debilidad del sistema de financiación de la I+D.* Esta debilidad que se trasluce de los datos es sólo relativa, ya que si se tiene en cuenta el estado de los sistemas económicos de varios países de la zona, nos encontramos con que la educación superior, y por ende la I+D, están financiadas por encima de lo que estos países dedican a otros capítulos de gasto social y de promoción de la industrialización y la modernización. No debe despreciarse el potencial de rechazo, con la disociación ciudadanía-investigadores que ello puede conllevar, que políticas de privilegio a unos pocos investigadores pueden producir, a medio y largo plazo, en poblaciones con numerosas y sangrantes carencias de servicios sociales básicos.
- *Debilidades organizativas de los sistemas de I+D.* Tanto desde el punto de vista de la composición de los grupos de investigación (excesiva atomización y/o caciquismo latifundista), como del de la gestión de los recursos y del trabajo, la organización de los agentes de I+D en Iberoamérica dista mucho de lo ideal. La pirámide de personal de I+D tiene una descompensación entre el personal altamente cualificado que lleva a cabo la I+D y el personal de apoyo dedicado a tareas científico-técnicas y administrativas de apoyo.

Esta situación conduce a un empleo ineficiente de los recursos y a un estado de frustración del personal investigador, que no está presente en los países más desarrollados.

4.3. Acciones recomendables a corto plazo

- *Políticas y prácticas de reclutamiento de personal de I+D.* Un análisis detallado de los resultados de I+D de las universidades iberoamericanas que tenga en cuenta el marco de referencia socioeconómico en el que se desarrolla, debe concluir que, tanto la producción científica como el impacto de esta, aunque no su plasmación en la transferencia de resultados al sector productivo, están por encima de lo esperable, dadas las condiciones de muchos países de la zona. Este resultado sorprendente se debe, casi con total seguridad, a la existencia, dentro de las universidades de los países menos desarrollados, de *islas de excelencia en I+D*, grupos e investigadores con un gran nivel, capacidad y dedicación, muy por encima del promedio de sus instituciones y países, y que son los responsables de la mejor parte de la I+D llevada a cabo en ellos. La existencia y proliferación de estos *islas de excelencia* puede y debe ser promovida por cambios regulatorios y de praxis en las políticas y costumbres de captación y selección de personal docente-investigador en nuestras universidades, así como las políticas internas de financiación y del apoyo institucional de la I+D.
- *Promoción de una mayor implicación de las empresas en la investigación y el desarrollo.* Una de las debilidades más acusadas de los sistemas iberoamericanos de Ciencia y Tecnología es la insuficiente participación de las empresas en la financiación y ejecución de las actividades de I+D. En definitiva, es la capacidad de las empresas de transformar el conocimiento en innovaciones tecnológicas la que determina el importante papel que desempeñan las actividades de I+D+i en una economía basada en el conocimiento. En este sentido, se deben considerar actuaciones con la finalidad de incentivar la aplicación del conocimiento al proceso productivo y movilizar a las empresas para que desarrollen actividades de I+D y mejoren su capacidad de absorción tecnológica. Los objetivos específicos de las políticas que desarrollen esta promoción deben ser: elevar la capacidad tecnológica e innovadora de las empresas, promover la creación de tejido empresarial innovador, contribuir a la creación de un entorno favorable a la inversión en I+D+i, y mejorar la interacción, colaboración y asociación entre el sector público de I+D y el sector empresarial. Entre las herramientas a utilizar para conseguir estos objetivos está la financiación pública de proyectos tecnológicos y de investigación industrial, estudios de viabilidad, proyectos de desarrollo precompetitivo, proyectos de demostración tecnológica y acciones favorecedoras de la cooperación internacional, así como el apoyo a los centros tecnológicos de servicios para los sectores empresariales estratégicos.
- *Potenciar las alianzas público-privadas* que deben tener como finalidad financiar la cooperación estable público-privada en investigación y desarrollo en áreas de importancia estratégica para las economías de la zona, median-

te la creación de consorcios estratégicos nacionales de investigación técnica. La investigación industrial estratégica plantea unos retos formidables, tanto desde el punto de vista del personal y medios requeridos como del nivel de financiación necesario. Está claro que la concentración de intereses, capacidades y objetivos entre sectores empresariales determinados y los sistemas públicos de I+D favorecerá el acometimiento de proyectos de envergadura suficiente como para proporcionar resultados que permitan mejorar las posiciones competitivas de las empresas iberoamericanas en el mercado global y facilitará la consecución de la financiación requerida para llevarlos a cabo. Los objetivos concretos de estas iniciativas deben ser la generación de nuevos conocimientos que puedan resultar de utilidad para la creación de nuevos productos, procesos o servicios, contribuyendo de esta manera a un mejor posicionamiento tecnológico del tejido productivo iberoamericano, lo que sin duda incrementará su competitividad en el largo plazo.

- *Reducir la fragmentación de programas de investigación.* Este es un aspecto clave, especialmente cuando los recursos son limitados, en cuyo caso es recomendable huir de la atomización de programas y convocatorias de investigación. Esto implica un análisis crítico a partir del cual poder priorizar aquellas áreas con más potencial o consideradas estratégicas y diseñar programas específicos para fomentarlas.
- *Crear un marco común de trabajo entre los distintos países,* de manera análoga a la European Research Area, para favorecer la movilidad e interacción de investigadores, el aprovechamiento de infraestructuras y la creación de redes de excelencia entre instituciones. En ese sentido el ejemplo europeo puede ser un buen referente, por la experiencia acumulada a lo largo de los distintos Programas Marco. Y en el caso de Iberoamérica, con una disponibilidad de recursos para I+D limitada, esta coordinación entre países es especialmente necesaria ya que la mayoría de los países iberoamericanos no podrán alcanzar por si solos el nivel de excelencia científica necesario para poder competir a nivel mundial.
- *Consolidar las colaboraciones internacionales,* participando activamente en el estudio de temas de interés global. La visibilidad internacional de la investigación llevada a cabo en Iberoamérica es todavía muy inferior a lo deseable. A mejorar este aspecto contribuirá sin duda el incremento que se viene registrando en los últimos años en el número de publicaciones generadas en los países iberoamericanos. Otro factor que puede tener una incidencia clara en aumentar la visibilidad de la investigación iberoamericana es la participación de investigadores de esta región en proyectos internacionales, especialmente en grandes proyectos consorciados de interés general.
- *Identificar y promover regiones innovadoras dentro de Iberoamérica.* De la misma manera que en las universidades surgen islas de excelencia, a nivel regional, dentro de cada país, también se pueden identificar regiones – o clusters- con mayor potencial y capacidad innovadora en una o varias áreas; regiones en las que se da una mayor concentración de empresas con base investigadora, presencia de universidades de alto nivel y apoyo decidido de las administraciones públicas, que pueden actuar como elementos tractores

del sistema de innovación iberoamericano, de manera análoga a lo que ocurre en Europa con las regiones más destacadas en innovación. De hecho, sólo las diez regiones europeas que más invierten en I+D suman más del 30% del total de la inversión europea, y son también las que concentran mayor número de investigadores y, en general, los mejores indicadores de desempeño en I+D.

- *Crear instrumentos de valorización del conocimiento que actúen in situ.* Si bien se ha comentado que la capacidad de generación de patentes en Iberoamérica es, en términos generales, muy inferior a la europea, en ocasiones el punto más débil no es tanto la capacidad para generar nuevo conocimiento sino la capacidad para gestionar de manera adecuada el conocimiento generado. En este sentido es crucial diseñar y desarrollar instrumentos de valorización del conocimiento adaptados a las características de cada entorno. Así, en determinadas circunstancias puede ser más provechoso licenciar a una empresa externa una patente generada en la Universidad, mientras que en otros casos será más recomendable promover la creación de una spin-off universitaria o establecer una *joint venture* con una empresa consolidada y con experiencia en un sector determinado. En esta línea de creación de instrumentos de valorización *in situ* se sitúa Uninvest Colombia, el primer fondo de inversión de capital de riesgo creado en Colombia, promovido por la Universidad de Santiago de Compostela (USC) y Uninvest España, en el que participan 8 universidades de la región de Antioquía. El objetivo de Uninvest Colombia es que los resultados de investigaciones y las iniciativas de emprendimiento innovadoras en sectores de alto potencial de estas 8 universidades dispongan de recursos para transformarse en realidades empresariales rentables, sostenibles, generadoras de empleo y desarrollo económico equitativo, con el asesoramiento en la gestión y en los procesos de identificación y selección de empresas y proyectos susceptibles de inversión de la propia USC.

4.4. *Propuesta de líneas de actuación para las universidades iberoamericanas*

Todo lo anterior muestra que las universidades europeas se encuentran en una posición más favorable que las iberoamericanas desde el punto de vista de su participación en la generación de conocimiento y desarrollo y de su contribución a que este valor generado sea transferido a la sociedad. Esta situación más favorable en Europa, que aún se debe mejorar en muchos aspectos si queremos competir con regiones como Estados Unidos o Japón, y pronto China, se ha conseguido a base de superar errores y situaciones establecidas que no contribuían a una mejora real de los resultados de investigación. De estos errores las universidades europeas han aprendido algunas lecciones que consideramos que pueden ser también de interés para las universidades iberoamericanas:

- Apostar por la investigación de calidad
- Fomentar las vocaciones científico-técnicas entre los estudiantes
- Proteger y promover el talento propio, a la vez que se selecciona a los mejores investigadores a nivel internacional

- Educar a los investigadores y profesores en la necesidad de proteger el conocimiento
- Tomar un papel proactivo en el fomento de la creación de empresas de alto valor
- Potenciar alianzas estratégicas con el sector privado y con entidades públicas de prestigio

En definitiva, para que la tendencia positiva detectada en los últimos años en los distintos indicadores de ciencia y tecnología en Iberoamérica se consolide, contribuyendo de manera decidida a una mejora en la calidad de vida de sus sociedades, es necesaria una apuesta clara por parte de todos los sectores implicados: administraciones, empresas y universidades. Cada uno debe asumir y responsabilizarse de su papel en este enorme reto de situar a Iberoamérica como un actor indispensable en la arena mundial de ciencia y tecnología. Y en este esfuerzo de todos, las universidades deben jugar un papel clave, liderando la puesta en marcha de la Sociedad Iberoamericana del Conocimiento.

Bibliografía

Science, Technology and Innovation in Europe- Eurostat statistical books, 2009

SCIMAGO Institutions Ranking (SIR) World Report 2009

Proton Europe Annual Survey Report, 2006

World International Intellectual Property Organization (WIPO) Annual Report 2009

Indicadores RICYT: [http://www.ricyt.org/interior/interior.asp?Nivel1=1&Nivel2=2
&Idioma=](http://www.ricyt.org/interior/interior.asp?Nivel1=1&Nivel2=2&Idioma=)

UNESCO Science Report 2005

Las comunidades científicas pequeñas

Gabriel Macaya

Universidad de Costa Rica
Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica

Introducción

Son abundantes los estudios sobre el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en los procesos de desarrollo de diferentes países y regiones. Si bien estos estudios contextualizan sus resultados, se aplican, por exigencias de comparabilidad, consideraciones e indicadores que generalmente son los mismos para las diferentes regiones y países. Una fuente fundamental de información para el análisis del desarrollo de la ciencia y la tecnología en los países iberoamericanos es la base de datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) para Iberoamérica y el Continente Americano. Esta Red tiene como objetivo «Promover el desarrollo de instrumentos para la medición y el análisis de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, en un marco de cooperación internacional, con el fin de profundizar en su conocimiento y su utilización como instrumento político para la toma de decisiones.»¹

De este conjunto de decisiones, tal vez las más importantes son las de las esferas de las políticas públicas. Jones, Jones y Walsh (2008)² señalan que «la ciencia y la tecnología juegan un papel cada vez más importante en el proceso de definición de políticas.» A pesar de esta importancia, estos autores señalan que hay poca investigación sistemática que examine la interfaz ciencia-política en los países en desarrollo y menos aún, análisis que busquen estrategias prácticas y recomendaciones para fortalecer los vínculos entre el conocimiento científico y los procesos de definición de políticas. Este trabajo, y muchos otros que sería ocioso citar, reconocen una dicotomía entre países en desarrollo y desarrollados (o cualquiera otra nomenclatura que quiera usarse). Sin embargo, pocos autores reconocen explícitamente que hay otra dicotomía fundamental, la de las grandes y pequeñas comunidades científicas.

Algunos trabajos han reconocido explícitamente la importancia de efectos de umbral (threshold effects) en el desarrollo de sistemas científicos y de innovación en países en desarrollo, analizando los diferentes patrones de interacción entre ciencia y tecnología en países con diferentes grados de desarrollo.³ Albuquerque, en el trabajo citado, hace algunos comentarios metodológicos sobre las ventajas y desventajas de las estadísticas sobre las actividades científicas y tecnológicas para los países menos desarrollados (Less Developed Countries, LDCs). Aunque la discusión se centra fundamentalmente en las bases de datos de publicaciones científicas y de patentes, no hay ninguna reflexión en cuanto a la validez de las variables y los análisis cuando se comparan países menos desarrollados con comunidades científicas de tamaños muy diferentes. De hecho, en el trabajo citado, la comparación se hace entre Brasil e India, dos países que a pesar de que el primero es considerado de desarrollo humano alto (75) y el segundo medio (134) son países con comunidades científicas grandes (Brasil 124,882 EJC en 2007 e India 154.827 EJC en 2005⁴).

¹ RICYT (2010), <http://www.ricyt.org/>

² Jones, Nicola; Jones, Harry y Walsh, Cora (2008) *Political Science: Strengthening science-policy dialogue in developing countries*. Working paper 294, Overseas Development Institute, London, England. 57 + ix páginas.

³ Véanse por ejemplo los trabajos de Eduardo da Motta e Albuquerque (Albuquerque, E, (2004) *Science and Technology Systems in less Developed Countries. Identifying a threshold level and focusing in the cases of India and Brazil*. In: H. F. Moed et al. (eds.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, 759-778, 2004.)

⁴ UNESCO (2009), UNESCO Institute for Statistics (UIS) <http://www.uis.unesco.org/>

En el presente trabajo se examinan las comunidades científicas iberoamericanas, y, a partir de los datos de la base de datos de la RICYT (capítulo 1), se tratan de definir algunas características básicas de estas comunidades, siempre desde una perspectiva de comparación de grandes y pequeñas comunidades científicas (capítulo 2) y finalmente se plantean algunos comentarios en cuanto a la necesidad de políticas diferenciadas para grandes y pequeñas comunidades científicas (capítulo 3).

1. El tamaño de las comunidades científicas en Iberoamérica

El Cuadro 1 presenta la información básica en cuanto a las comunidades científicas de Iberoamérica. Se incluye la cantidad de investigadores en investigación y desarrollo, expresados como personas físicas (PF), equivalentes de jornada completa (EJC), la relación entre estas cifras, que hemos llamado dedicación, y que se define como una fracción, siendo 1 la dedicación completa a la investigación y el número de investigadores (PF) con respecto a 1000 integrantes de la Población Económicamente Activa (PEA). El conjunto de datos correspondiente a las personas físicas está completo para los países analizado, no así las jornadas equivalentes de tiempo completo. Estas últimas pudieron reconstruirse en algunos países a partir de datos de años anteriores, como se indica en las notas Cuadro 1.

Es evidente la enorme dispersión del tamaño de las comunidades científicas en Iberoamérica. Desde El Salvador y Nicaragua, con menos de 300 investigadores cada una, hasta Brasil y España con alrededor de 200.000 investigadores. La razón de la más pequeña (El Salvador) a las más grande (España), es de 754 veces.

Esa dispersión se reduce significativamente, si se considera el número de investigadores en relación a la población, o más estrictamente, a la población económicamente activa (PEA) de cada uno de los países. De nuevo, el país con el valor más alto es España y El Salvador el menor. Sin embargo las diferencias son ahora de 78 veces, alrededor de 10 veces menos que la diferencia de tamaño absoluto. Otras normalizaciones son posibles, por ejemplo con respecto al Producto Interno Bruto (PIB), pero el análisis no añade ninguna novedad.

Cuadro 1: Tamaño de las comunidades científicas. Personal dedicado a la investigación y desarrollo: Personas física (PF), Equivalente de Jornada Completa (EJC), Dedicación (D) e Investigadores (PF) por 1000 integrantes de la Población Económicamente Activa (PEA). 2007 o año más reciente disponible.⁵

País	Código	PF	EJC	D=EJC/PF	PF/1000 PEA
Argentina	AR	46.884	29.012	0,62	3,68
Bolivia 2001	BO	1.200	1.000	0,83	0,34
Brasil	BR	199.427	124.882	0,63	2,02
Chile 2004	CL	18.365	13.427	0,73	2,78
Colombia	CO	12.017	5.570	0,46	0,57
Costa Rica (1)	CR	3.266	1.192	0,36	1,75
Cuba	CU	5.236			1,07
Ecuador	EC	1.615	924	0,57	0,28
España	ES	206.681	122.624	0,59	9,35
Guatemala	GT	634	389	0,61	0,15
Honduras	HN	539			0,22
México 2006 (2)	MX	66.331	46.865	0,74	0,73
Nicaragua 2004	NI	282			0,16
Panamá 2005 (3)	PA	507	207	0,41	0,34
Perú	PE	4.965			0,39
Portugal	PT	51.443	28.176	0,55	9,16
Paraguay 2005	PY	392	392	1,00	0,28
El Salvador (4)	SV	274	112	0,41	0,12
Uruguay 2006 (5)	UY	2.791	856	0,31	1,99
Venezuela	VE	5.222	4.503	0,86	0,42

Fuente: RICYT (2010)

Notas:

(1) La cifra de EJC en 2005 es estimada del número de PF en 2005 y de la dedicación de 2004

(2) La cifra de EJC corresponde a 2006. El valor de PF se estima a partir de los EJC de 2006 y el valor de la dedicación de 1993 a 1995, de 0,74.

(3) La cifra de EJC en 2005 es estimada del número de PF en 2005 y de la dedicación de 2004

(4) La cifra de EJC en 2007 es estimada del número de PF en 2007 y de la dedicación de 1999

(5) La cifra de EJC en 2006 es estimada del número de PF en 2006 y de la dedicación de 2002

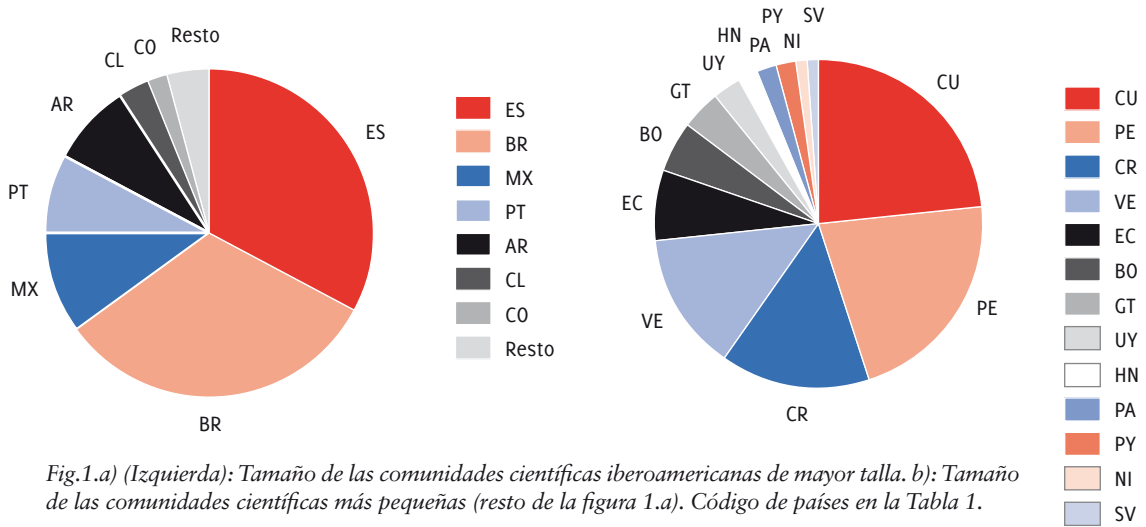
2. Características de las pequeñas comunidades científicas

Arbitrariamente, podemos clasificar las veinte comunidades científicas iberoamericanas consideradas en virtud de su tamaño. La Figura 1 muestra los tamaños relativos de las diferentes comunidades.

Los criterios de clasificación, como ya se expuso más arriba, permiten delimitar un conjunto de seis muy pequeñas comunidades científicas, en general menores a 1000 integrantes (Figura 1b: El Salvador, Nicaragua, Paraguay, Panamá, Honduras y Guatemala) y dos comunidades científicas muy grandes (Figura 1a: España y Brasil). Entre ambas hay un conjunto de 12 comunidades con tamaños de 1.200 a 51.443 investigadores (Bolivia, Ecuador, Uruguay, Costa Rica, Perú, Venezuela, Cuba, Colombia, Chile,

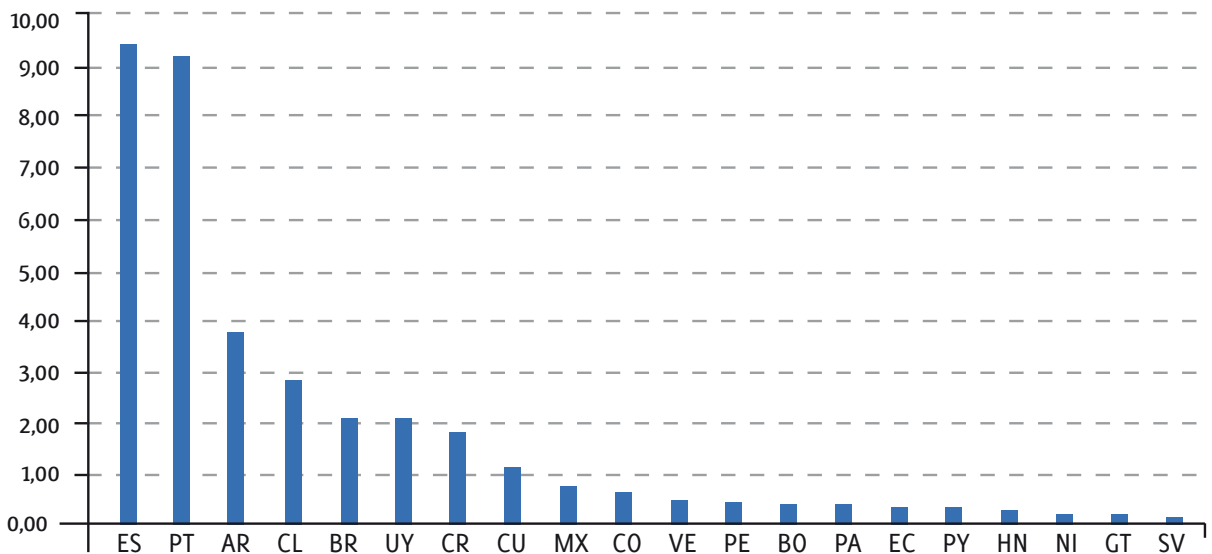
⁵ ISO, SO 3166-1-alpha-2 country codes http://www.iso.org/iso/english_country_names_and_code_elements

México, Argentina y Portugal). Este grupo puede a su vez, subdividirse en dos, con 7 comunidades medianas, de 1.000 a 10.000 investigadores (Figura 1b: Bolivia, Ecuador, Uruguay, Costa Rica, Perú, Venezuela y Cuba) y 5 comunidades grandes, de 10.000 a 60.000 investigadores (Figura 1a: Colombia, Chile, México, Argentina y Portugal).



Si consideramos estas comunidades ahora en virtud del número de investigadores por 1000 integrantes de la PEA, la situación se modifica y el orden no es el mismo, poniendo en evidencia grados de desarrollo diferenciados de estas comunidades (ver Figura 2).

Como se señaló anteriormente, la comunidad más grande y la más pequeña son las mismas, sea que se considere el tamaño absoluto o la proporción con respecto a la PEA: España y El Salvador, respectivamente. Hay 12 países con comunidades de menos de 1 investigador (PF) por 1000 integrantes de la PEA: El Salvador, Guatemala, Honduras, Paraguay, Nicaragua, Ecuador, Panamá, Bolivia, Perú, Vene-



Fuente: RICYT (2009).

Fig. 2. Investigadores (PF) por 1000 integrantes de la PEA. 2007 o año más reciente.

zuela, Colombia y México. Hay 5 comunidades intermedias, con valores entre 1 y 3 investigadores (PF) por 1000 integrantes de la PEA (Cuba, Costa Rica, Uruguay, Brasil y Chile) y una comunidad con valor entre 3 y 4: Argentina. España y Portugal representan valores extremos de 9,35 y 9,16 respectivamente. El valor promedio para Iberoamérica es de 2,71, muy influenciado por las comunidades grandes y muy grandes. Esta medida considera la población total de investigadores y la población total económicamente activa. De los valores nacionales (cada país tiene igual peso) la media de la distribución es 1,79 y la mediana 0,49.

Es posible construir un cuadro a doble entrada, presentando ambas variables, como se muestra en Cuadro 2. Se pone en evidencia que hay países cuya comunidad científica puede explicarse por las dos variables anteriores, son aquellos que se encuentran en las casillas de la diagonal. Esto incluye el grupo de 6 países cuyas comunidades son pequeñas, como los 3 países cuyas comunidades son grandes o muy grandes, tanto en tamaño absoluto como relativo. Más importante es la situación de los países en casillas por encima de la diagonal (México, Colombia, Chile y Brasil), donde en virtud del tamaño de la comunidad debería esperarse una mayor proporción con respecto a la PEA, es decir, países con déficit de crecimiento de su comunidad científica.

Cuadro 2: Tamaños absolutos, en número de investigadores (PF) y relativo como investigadores (PF) por 1000 miembros de la PEA.

Investigadores (PF) Investigadores (PF)/1000 PEA	< 1.000	1.000 a 10.000	10.000 a 60.000	>60.000
>1	SV, PY, PA, NI, HN, GT	VE, PE, EC, BO	MX, CO	
1 a 3		UY, CU, CR	CL	BR
3 a 5			AR	
>5			PT	ES

Para comparar las comunidades científicas, es importante contextualizarlas en cuanto a dos consideraciones principales: primero, determinar el grado de «esfuerzo» que el país realiza en el campo científico y tecnológico y segundo que grado de «productividad científica» que tiene esta comunidad, como una medida del compromiso con el desarrollo que tienen sus integrantes.

El grado de esfuerzo del país puede medirse utilizando variables ligadas a la gasto nacional en ciencia y tecnología o a la tradicional medida del porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) que el país gasta en Investigación y Desarrollo (I&D).

Sebastián (2007)⁶ propone una clasificación de los países de América Latina en función de la proporción de investigadores con relación a la PEA y del gasto en investigación y desarrollo como % del PIB. Los datos usados en el estudio citado son

⁶ Sebastián, Jesús (2007): «Presentación. Análisis de la evolución del desarrollo científico y tecnológico de América Latina». En Sebastián, J. (Ed.) *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*, Fundación Carolina, Madrid: Siglo XXI. Citado en Ramos-Vielba, I, (2008) Mapa Iberoamericano de fortalezas en ciencia y tecnologías. Informe final, CRUE, CUIB, 127pp.

de 2003-2004 y algunos anteriores. En el Cuadro 3 se presenta una actualización con datos de la RICYT correspondientes a 2007.

Cuadro 3: Número de investigadores por 1000 integrantes de la PEA en relación al gasto en I+D como porcentaje del PIB (2007 o último año disponible)

Investigadores (PF) por 1000 integrantes de la PEA	% gasto en I+D del PIB				
	< 0,1	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7	> 0,7
0 - 1	GT, HN, NI, PY, SV	BO, CO, EC, PA, PE	MX		
1 - 2			CR, CU, UY		
2 - 3				CL	BR
3 - 4				AR	PT
> 4					ES

Fuente: RICYT (2009)

Un grupo de 5 países muestran un bajo gasto en I+D y una baja proporción de investigadores en la PEA (Guatemala, Honduras, Nicaragua, Paraguay y El Salvador). Bolivia, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y sobre todo México, invierten porcentajes superiores del PIB pero tienen parecidas proporciones de investigadores en la PEA. Costa Rica, Cuba y Uruguay, muestran un nivel intermedio, y Chile, Argentina, Brasil, Portugal y España tendrían los mejores perfiles en cuanto a sus capacidades científicas. Los datos de este cuadro son totalmente congruentes con los del Cuadro 2.

A pesar de que los datos de series temporales en RICYT son algo incompletos, es importante analizar la evolución reciente (1990 – 2007) de la proporción de investigadores en la PEA. Este análisis permite normalizar la medición del tamaño de la población de investigadores frente a las variaciones de la población, vista ésta desde la perspectiva de la población económicamente activa (Figura 3, ver en página siguiente).

La historia relatada en estos 6 paneles de la Figura 3 es, tanto incompleta como compleja. Los dos países europeos de Iberoamérica, España y Portugal, muestran un crecimiento de su comunidad de investigadores a tasas similares de 1990 a 2005. Portugal acelera su crecimiento de 2006 a 2007 y llega a un valor similar al de España. Esta dinámica, pone en evidencia cómo comunidades grandes evolucionan, de manera sostenida por períodos largos, probablemente respondiendo a políticas sostenidas en el tiempo y a mecanismos de interacción recíprocos con el sector productivo privado.

En América Latina, la más grande comunidad de investigadores, la brasileña, muestra del 2001 al 2007 un proceso parecido de crecimiento sostenido, aunque de menor grado, a una tasa aproximadamente 3 veces menor. No hay datos en RICYT que permitan analizar el proceso brasileño antes del 2001. Argentina muestra que luego de varios años de estagnación, su comunidad científica crece, a partir de 2003, a una tasa mayor que la brasileña. El Cuadro 4 presenta un análisis preliminar de la tasa de cambio anual en el número de investigadores (PF) con respecto a 1000 miembros de la PEA.

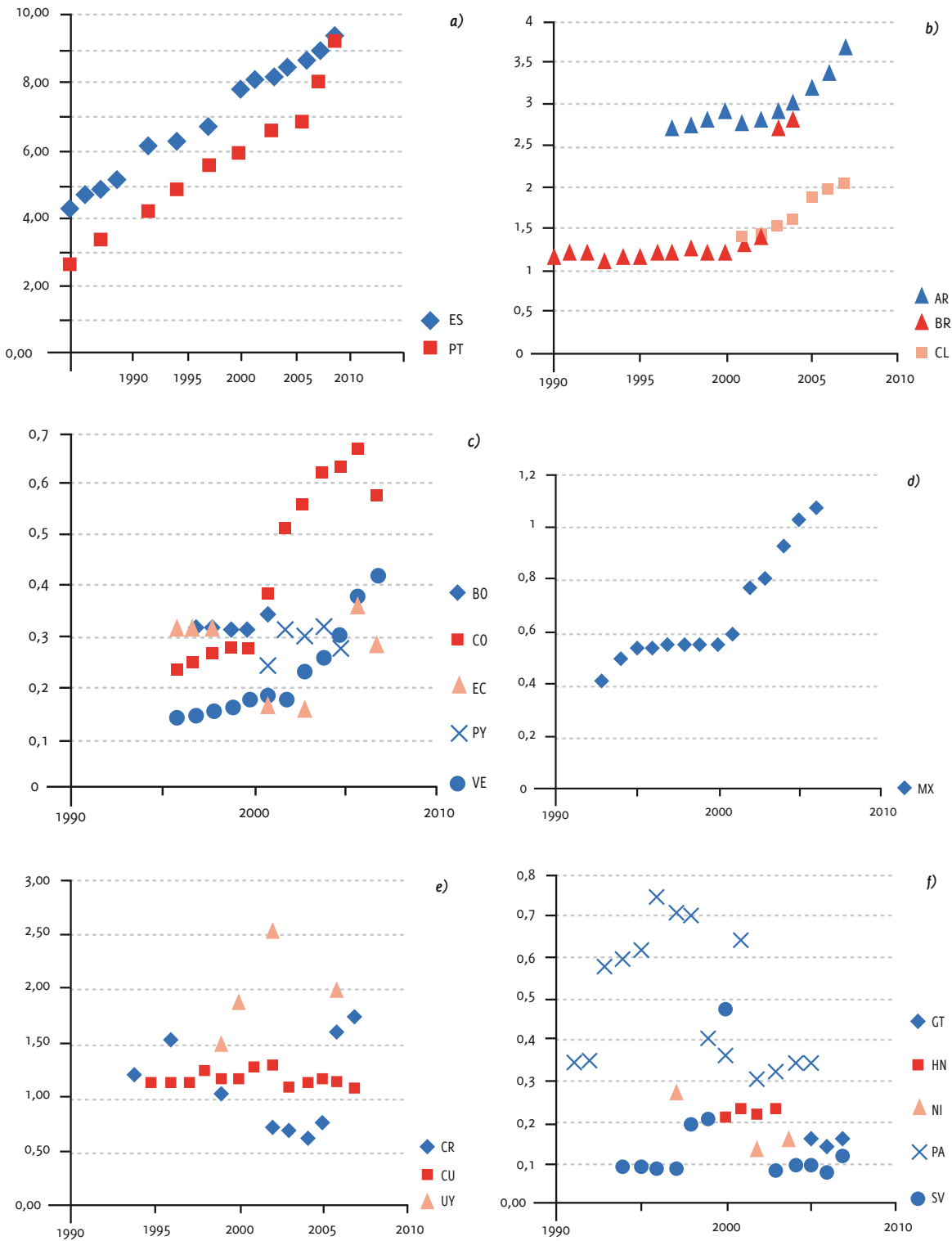


Fig. 3. Crecimiento de 1990 a 2007 del número de investigadores (PF) por 1000 integrantes de la PEA. a) España y Portugal; b) Argentina, Brasil y Chile; c) Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay y Venezuela; d) México, en donde los datos mostrados corresponden a investigadores (EJC.); e) Costa Rica, Cuba y Uruguay; f) Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y El Salvador.

Cuadro 4: Tasa de cambio (∂) anual en el número de investigadores (PF) con respecto a 1000 miembros de la PEA.

País	Años	∂
España	1990 - 2007	0,30
Portugal	1990 - 2005	0,28
Argentina	1997 - 2007	0,10
Brasil	2001 - 2007	0,11
México	2001 - 2006	0,10
Costa Rica	2002 - 2007	0,21
Venezuela	2002 - 2007	0,05

Fuente: elaboración del autor con datos de RICYT (2009)

Algunos de los países estudiados no tienen series de tiempo completas, o el comportamiento de la variable es errático, es decir, no puede ponerse en evidencia una tendencia durante un número suficiente de años. Este es el caso de Ecuador, Panamá y Uruguay. Otro grupo de países no muestran cambios significativos, como Bolivia, Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá.

Mención especial requieren Chile, Costa Rica y Colombia. Chile presenta muy poco crecimiento de 1990 a 2002, y luego muestra un importante salto en 2003, con poco cambio a 2005. No hay datos de 2005 a 2007 que pudieran confirmar una tendencia clara reciente. En Costa Rica, de 1996 a 2002 hay un decrecimiento, pero de 2002 a 2007 se muestra un proceso de crecimiento sostenido con un valor de $\partial = 0,21$. Finalmente, Colombia presenta poco cambio de 1996 a 2000, con crecimiento importante de 2000 a 2006 ($\partial = 0,06$) con decrecimiento en el 2007.

En general, puede señalarse, aunque el hallazgo pueda parecer trivial, que las comunidades de mayor tamaño crecen a una tasa mayor. Pero no solo es mayor la tasa de crecimiento, sino que se pone en evidencia procesos de crecimiento constantes, contrapuesto al crecimiento de las comunidades pequeñas, en donde encontramos, probablemente una mayor sensibilidad a decisiones políticas y financieras.

En cuanto a la producción científica, el Cuadro 5 muestra la cifra total de artículos indexados en el Science Citation Index (SCI) y su relación con el número de investigadores (PF) y con la gasto en I+D.

Cuadro 5: Publicaciones indexadas en SCI y su relación con el número de investigadores científicos (100 PF) y con Gasto en I+D (Millones de \$ PPC).

País	Año	Pubs SCI	Gasto en I+D (Millones \$ PPC)	Pubs/100 PF
Argentina	2007	6.479	2.658,6	13,8
Bolivia	2001	94	78,3	7,8
Brasil	2007	23.109	20.259,2	11,6
Chile	2004	2.991	1237,7	16,3
Colombia	2007	1.239	514,0	10,3
Costa Rica	2007	398	152,0	12,2
Cuba	2007	748	149,3	14,3
Ecuador	2007	287	149,3	17,8
España	2007	40.594	17.859,3	19,6
Guatemala	2007	101	36,1	15,9
Honduras	2007	31	10,3	5,8
México	2006	8.501	5.346,2	12,8
Nicaragua	2004	34	5,4	12,1
Panamá	2005	180	68,7	35,5
Perú	2007	593	239,6	11,9
Portugal	2007	7.466	2.794,4	14,5
Paraguay	2005	44	20,1	11,2
El Salvador	2007	20	34,8	7,3
Uruguay	2006	518	163,9	18,6
Venezuela	2007	1.261	n. d.	24,1

Fuente: RICYT

Debe señalarse el caso de Panamá, ya que un porcentaje elevado de las publicaciones indexadas por SCI como provenientes de ese país, corresponden al Smithsonian Tropical Research Institute (STRI), dependencia del Smithsonian Institution de Washington.

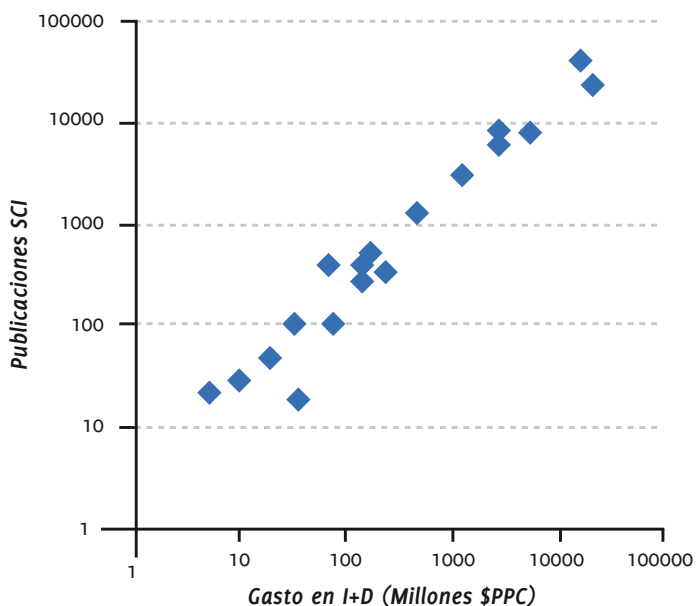


Fig.4. Gasto en I+D (Millones de % PPC) y publicaciones indexadas (SCI).

La figura 4 muestra la dependencia de la producción de publicaciones en el gasto total en I+D. Es claro que a mayor gasto, mayor producción.

En general, no hay una correlación clara entre el tamaño de las comunidades y su productividad científica, medida como número de publicaciones indexadas por investigador: esto se muestra en la Figura 5 siguiente.

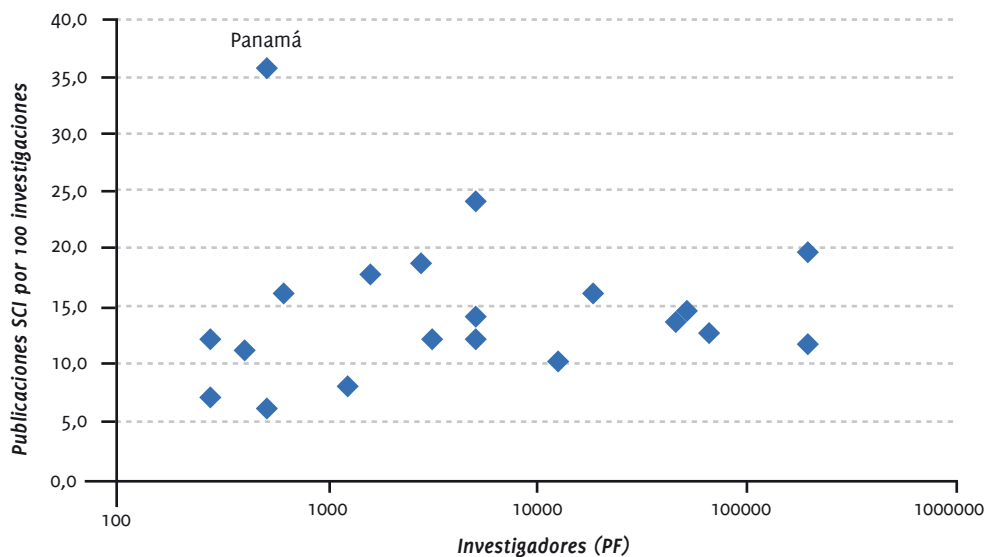


Fig. 5. Productividad científica en función del tamaño de las comunidades científicas.

Es evidente el valor extremo de Panamá, pero no hay una correlación clara en la productividad en comunidades mayores de 1000 investigadores. Las 5 comunidades con menos de 1000 investigadores, si muestran una productividad promedio menor. Tampoco se encuentra una correlación clara entre el número de publicaciones por 100 investigadores y el gasto por 1000 investigadores, como se muestra en la Figura 6. De esta figura se eliminó el dato de Panamá por las razones apuntadas anteriormente. Es importante señalar, en esta representación, que los valores extremos, más bajos y más altos, Nicaragua, Honduras y El Salvador, ponen en evidencia que la consideración de comunidades muy pequeñas, puede arrojar valores sesgados en este tipo de análisis. Si eliminamos estos datos, hay una débil correlación positiva ($R^2 = 0,107$) entre el gasto por investigador y la productividad medida en publicaciones por investigador, lo que podría ser esperable.

La dinámica de las comunidades grandes presenta mecanismos de desarrollo claramente diferenciados de los de las pequeñas, y estos apuntan a características fundamentales a tener en cuenta al diseñar políticas públicas en el campo de la investigación y el desarrollo.

Estos diferentes mecanismos implican tres ámbitos fundamentales: 1) La posibilidad de constituir masas críticas en diversos campos. 2) La diversidad de campos de acción de diferentes grupos. 3) La redundancia necesaria en las comunidades científicas. Estos tres ámbitos interactúan entre sí, y determinan la solidez de las comunidades.

Esto implica diversidad de grupos con suficientes investigadores que permitan abordajes interdisciplinarios. La exigencia de redundancia, es decir diversos gru-

pos actuando en los mismos campos del conocimiento que permitirán el desarrollo de la crítica y la replicación de resultados y los movimientos de personal científico especializado entre diversos sectores. Es conocido el fenómeno en las pequeñas comunidades científicas en que el traslado de un líder de investigación con su grupo al sector productivo, desarticula un esfuerzo institucional de muchos años, generalmente en una institución de educación superior. Por otra parte, en estas pequeñas comunidades científicas, es difícil establecer sistemas de evaluación por pares (locales) ya que, generalmente, los proponentes son los únicos expertos en el campo a evaluar. En estas perspectivas, la cooperación regional e internacional, se convierte en uno de los mecanismos fundamentales del desarrollo de la capacidad científica de las pequeñas comunidades de investigadores, como se analizará en la siguiente sección.

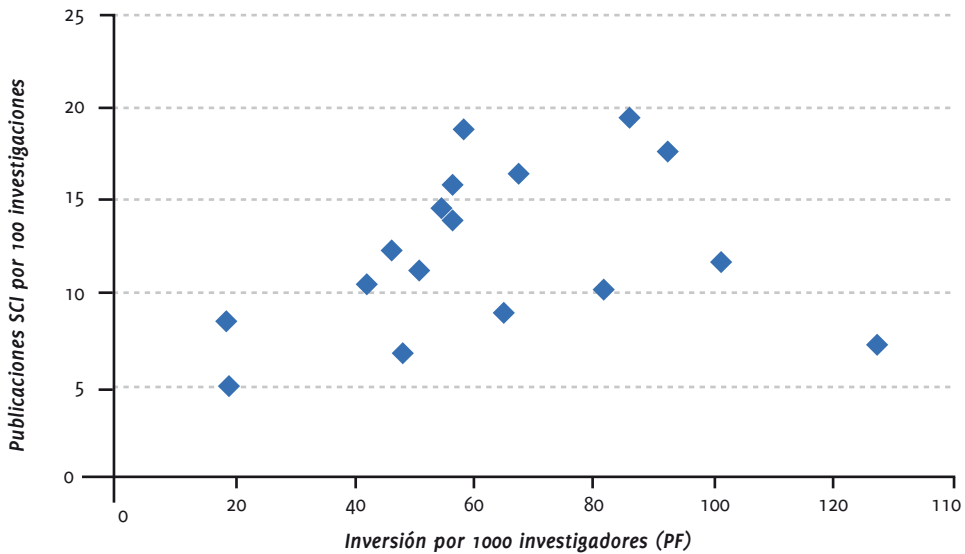


Fig. 6. Número de publicaciones indexadas (SCI) por 100 investigadores y Gasto en I+D por 1000 investigadores (PF).

3. Políticas para el desarrollo de las pequeñas comunidades científicas

Las consideraciones siguientes deben verse como preliminares, ya que los datos deben ser criticados y las series temporales completadas. Además, como se ha señalado en el texto, algunas veces la magnitud de las cifras y los posibles errores en su estimación, sobre todo en las comunidades más pequeñas, puede introducir sesgos importantes en el análisis.

Los efectos de umbral, es decir la necesidad de llegar a un valor, llamado umbral, a partir del cual una acción determinada produce resultados, pueden ponerse en evidencia en el análisis de varias asociaciones de variables ligadas al desarrollo de la ciencia y la tecnología. La producción de patentes como una función de la producción de publicaciones es un proceso en el que ha sido propuesto un efecto umbral (Albuquerque, 2004).⁷

⁷ Albuquerque (2004) *op. cit.*

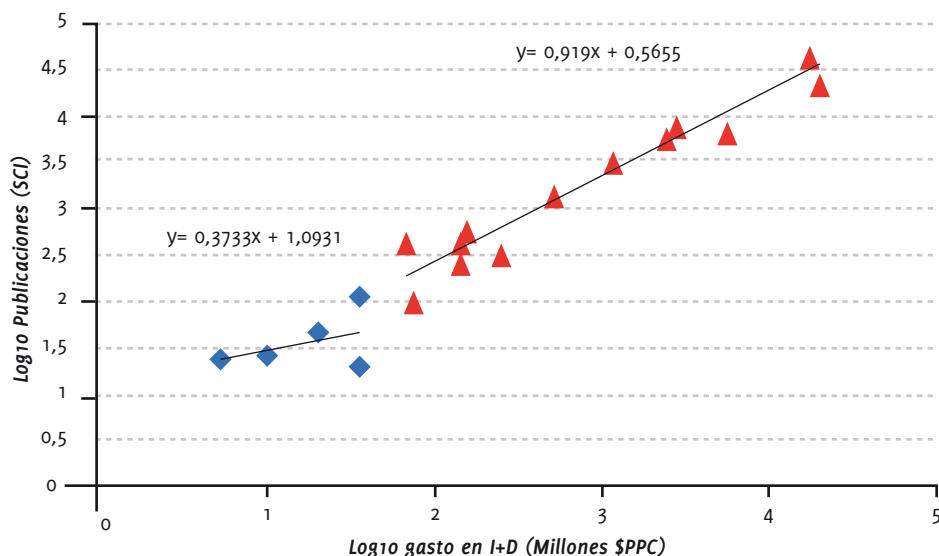


Fig. 7. Análisis de la figura 4 en función de dos series de países.

Un posible efecto umbral, que debe ser estudiado con datos de más años, puede ponerse en evidencia en la relación entre el número de publicaciones indexadas en función del gasto en I+D. Los datos de la Figura 4 pueden analizarse en función de dos series de valores, la primera para las 5 comunidades más pequeñas consideradas (Nicaragua, Honduras, Paraguay, El Salvador y Guatemala) y el resto. Este análisis se presenta en la Figura 7 siguiente.

Los dos segmentos de la relación tienen pendientes significativamente diferentes, 2,5 veces mayor en la segunda parte. Esto quiere decir, que en los países con comunidades pequeñas, un cambio en el gasto en I+D produce un cambio 2,5 veces menor en las producción de publicaciones que en las comunidades más numerosas. El umbral de este efecto parece darse alrededor de un gasto de \$ 50 millones.

Una comunidad científica nacional tiene una diversidad de funciones, entre las que podemos destacar:

- El mantenimiento y desarrollo de la propia comunidad.
- El avance del conocimiento científico.
- El entrenamiento de científicos.
- El esfuerzo sostenido en I+D.
- Participar en la solución de problemas nacionales urgentes.
- La inserción de la ciencia en la cultura nacional.
- La inserción de la ciencia nacional en la comunidad internacional.
- Contribuir al desarrollo económico, social y cultural.
- Vigilancia ética y actitud crítica hacia la práctica de la política.

En el desarrollo de esta funciones, la comunidad debe enfrentar algunas exigencias y necesidades contradictorias, como:

- La interdisciplinariedad inherente al trabajo científico contemporáneo y la necesidad de especialización.

- El desarrollo de una capacidad científica general y sostenida a lo largo del tiempo y la exigencia de concentración en campos específicos de la ciencia y la tecnología.
- La colaboración internacional y la prevención de la fuga de cerebros.

En una gran comunidad, estas diversas responsabilidades y tareas, sobre todos las llamadas contradictorias, son asumidas por múltiples miembros. Hay una clara división de responsabilidades y diversos actores asumen diversos roles. En una comunidad pequeña, esta división de trabajo es imposible y los pocos investigadores debe asumir múltiples roles. En general, los investigadores miembros de pequeñas comunidades son «multifuncionales»: deben investigar, enseñar, administrar, divulgar, hacer cabildeo político, velar por la ética, evaluar, etc. Y asumir todas estas responsabilidades es lo que va a hacer posible el desarrollo de la comunidad y llegar a un estado en que la división del trabajo se de naturalmente.

Frente a esta situación, son necesarias políticas públicas apropiadas y claras. En este contexto, la cooperación internacional se vuelve central al proceso de desarrollo científico y tecnológico. Pero esta cooperación debe ser adecuadamente entendida. Primero, debe ser una cooperación que complemente, antes que sustituya. Para lograr su instrumentación, es indispensable conocer las carencias y debilidades del sistema de ciencia, tecnología e innovación. La cooperación, antes que favorecer la fuga de cerebros, debe buscar la integración de investigadores al sistema nacional, sea mediante la contratación de investigadores extranjeros, y la repatriación de nacionales que hayan desarrollado carreras exitosas en el extranjero. En este sentido, la constitución de redes es el mecanismo idóneo.

Se deben buscar políticas y mecanismos que promuevan formas innovadoras de relación entre los grupos de investigación –que en las comunidades pequeñas se encuentran en las instituciones de educación superior– y las empresas. Antes que pensar en el desarrollo de laboratorios en las empresas, que competirían por recursos humanos de investigación universitarios, se deben buscar mecanismos para emprendimientos conjuntos universidad-empresa.

El proceso de definición de políticas nacionales implica nuevas formas de diálogo entre investigadores científicos y definidores de políticas. Es necesario el desarrollo de mecanismos y hasta instituciones de intermediación o de corretaje (brokers) con metas claras hacia el largo y el corto plazo, sobre todo en las áreas de inversión e infraestructura y formación de recursos humanos.

Es indispensable la realización de estudios de casos que analicen los factores de éxito de pequeñas comunidades científicas exitosas, como las de Uruguay y Costa Rica. Entre tanto, este texto no es más que un primer esbozo que podría servir de base a estudios más completos y cuidadosos.

***Resúmenes de los informes nacionales de desarrollo
científico tecnológico de Iberoamérica¹***

¹ Informes *in extenso* en el CD adjunto.

El caso de Argentina

Gustavo Lugones
Diego Hurtado
Patricia Gutti
Eduardo Mallo
Héctor Bazque
Matías Alonso

Resumen ejecutivo

La institucionalización del complejo científico y tecnológico argentino comenzó a desarrollarse a partir de la década de 1950. Desde entonces la participación del Estado fue extendiéndose a través de la creación de una serie de centros que dieron lugar a las grandes instituciones del complejo actual. El sistema opera en tres niveles funcionales, correspondientes a la formulación de políticas, promoción de actividades e implementación. Sin embargo, la presencia de instituciones pre-existentes a la organización actual hace que esta delimitación funcional no siempre se respete, determinando un sistema con un elevado grado de complejidad.

En los últimos años se generaron cambios importantes en el SNI en los ámbitos institucional, instrumental y presupuestario. El cambio más notorio tuvo lugar en la esfera de lo institucional con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) en 2007, jerarquizando las actividades científicas y tecnológicas a nivel nacional. En la esfera instrumental, se pusieron en marcha una serie de nuevas iniciativas con el objeto de fortalecer las vinculaciones del sistema y de impulsar una mayor participación de las empresas y las Universidades en estas actividades. En cuanto al presupuesto, los recursos provenientes del Estado Nacional se incrementaron en un 80% aproximadamente en el período 1998-2007. La mayor parte de ese crecimiento corresponde a los años posteriores a 2005, momento en que la economía argentina finalizaba su período de recuperación de la crisis derivada de la salida del régimen de convertibilidad.

Esta rápida y sostenida recomposición de los gastos por parte del Estado, principalmente, señala una fortaleza muy importante para el sistema en su conjunto. Otra fortaleza del sistema se encuentra en la disponibilidad de un conjunto de instituciones científicas de alto nivel y una base relativamente amplia de recursos humanos calificados. La contrapartida de estas características se encuentra en el bajo nivel de gasto en ACT e I+D comparado con los países de mayor desarrollo relativo. Si bien esta diferencia se produce en el sector público y en el sector privado, en el segundo es mucho más marcada. Esto denota el protagonismo del Estado en la realización de estas actividades. Paralelamente, la desarticulación del sistema es una de las debilidades más importantes, no sólo en términos de articulación de las políticas públicas, sino también en la vinculación con el entorno productivo.

Sin embargo, se destaca que los esfuerzos realizados en I+D en el período 2002-2007 han sido realmente significativos, pasando en estos años de una participación del 0,39% a 0,51% del PBI. Estos valores implican una mejora que ubica a los esfuerzos realizados incluso por encima del nivel alcanzado en la segunda mitad de 1990. Un dato importante es que este crecimiento se registró a lo largo de todo el período y en cada uno de los agentes que componen el SNI.

El principal financiador de las actividades de I+D en Argentina es el Estado, con una participación promedio del 70% entre el 2000 y el 2007. En segundo lugar, muy por debajo, se encuentran las empresas (27%); y, en tercer lugar, los recursos internacionales (2,8%). Esta distribución se ha mantenido relativamente estable en los últimos diez años. Ahora bien, si se observa el destino de los fondos, aparece una distribución más homogénea entre el Gobierno, las Empresas y las Instituciones de

Educación Superior y una participación residual de las entidades privadas sin fines de lucro. Tanto en términos absolutos como en participación respecto del total de los recursos en I+D, el Gobierno es el principal destinatario de estos fondos, con una ejecución promedio del 39,4%. El resto de los recursos se distribuyeron en partes aproximadamente iguales entre las instituciones de Educación Superior y las Empresas (29%).

La baja participación de las empresas en los gastos en I+D se puede explicar por el perfil productivo del país en actividades de bajo contenido tecnológico y la fuerte presencia de empresas transnacionales que mantienen sus laboratorios de I+D en sus países de origen. No obstante, en los últimos años se identificó un grupo de empresas pymes que al parecer sustentan su competitividad en un mayor compromiso con los procesos de innovación y aprendizaje.

En lo que se refiere a Educación Superior, el 80% de los estudiantes se encuentra en las Universidades públicas, concentrados en el área de ciencias sociales (43% del total), lo cual –a priori– no parece compatible con una política que estimule el desarrollo científico y tecnológico del país. En este sentido, desde el año 2008 existe un programa de becas orientado a carreras científico-técnicas y carreras TIC's que intenta cumplir con el objetivo de orientar el sistema educativo. Por otra parte, en lo que se refiere a gastos, las Universidades públicas han ocupado a lo largo de estos años el segundo y tercer puesto en los gastos totales de ACT con una participación promedio del 25% mientras que las Universidades privadas permanecen estancadas en el 2%.

Hacia el interior del sistema universitario hay una concentración muy fuerte, en términos de recursos, investigadores y alumnos, en las tres principales Universidades del país (Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de La Plata y Universidad Nacional de Córdoba) que, a su vez, refleja una concentración del conocimiento en el Centro del país, ya que estas Universidades se ubican en Buenos Aires y Córdoba. A pesar de ello, el número de investigadores ha crecido sustancialmente en los últimos 5 años registrando un aumento promedio del 34%. Este aumento se produjo en todas las Universidades y fue acompañado de una ampliación importante del presupuesto general así como también de los recursos destinados al incentivo de los docentes-investigadores y de los gastos en ciencia y técnica. Paralelamente, también en los últimos años se fortaleció el sistema de becas, lo cual permitió el ingreso de un 100% más de becarios respecto del año 2000.

Si bien el número de investigadores y becarios aumentó en todos los ámbitos, continúa siendo el Estado quien absorbe la mayor parte de los nuevos investigadores, ocupando el Gobierno un papel más importante que en la década anterior. Como es esperable, el 30% de los investigadores se encuentran en el área de ciencias exactas y naturales, reflejando el bajo rango de opciones de empleo de estas áreas. Por último, la distribución etárea de los investigadores se asemeja más a un rombo que a la forma deseada de pirámide, prevaleciendo una edad promedio relativamente alta, lo cual determina un cierto problema en la capacidad de reemplazo de mediano plazo.

En cuanto al número de publicaciones, se observa un comportamiento ascendente, con un aumento del 55% en el período 2000-2008. Las Universidades públicas y el CONICET en conjunto representan más del 90% del total de publicaciones. La distribución del número de publicaciones por institución presenta una fuerte correlación con lo expresado más arriba respecto de la concentración de recursos humanos.

Por su parte, la cantidad de patentes en el país acompaña las irregularidades del proceso económico. La devaluación de la moneda local posterior a la crisis de 2001 trajo como consecuencia una marcada caída, que puede ser resultado combinado de la crisis y el posterior proceso de crecimiento experimentado por sectores productivos locales. De todas formas, se observa que el número de patentes internacionales aumenta progresivamente en el período 2003-2006, probablemente como consecuencia de un proceso de acomodamiento de las empresas al nuevo mapa productivo local.

En el período 2000-2006, la poca significativa producción de patentes por parte de las Universidades y los Institutos del Estado –menor de 50 en 2006– es otro indicador de la escasa articulación entre el sector público de I+D y el sector productivo. A pesar de este pobre desempeño, comienza a notarse un efecto positivo a partir de la implementación de iniciativas específicas de vinculación de la investigación con la innovación y transferencia en los últimos años. Por su parte, las empresas muestran un desempeño más interesante –entre 600 y 1.000 patentes anuales–, aunque relativamente desperejo.

En cuanto a la contribución que investigadores y tecnólogos realizan hoy al desarrollo económico, resulta muy complejo encontrar una relación causal, aunque queda clara la intención política de impulsar vigorosamente este vínculo a través de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, si se toman en cuenta la variedad de nuevos instrumentos de financiamiento orientados a fortalecer los procesos de incorporación de conocimiento en el desarrollo económico.

En cuanto al papel de las Universidades argentinas en la formación de investigadores, en el período 2000-2007 se observó un incremento del 65% en el número total de programas de doctorado, siendo las Ciencias Sociales, las Ciencias Exactas y Naturales, y las Ingenierías y Tecnologías, en este orden, las tres áreas que experimentaron el mayor crecimiento relativo. Por su parte, el aumento de estudiantes de doctorado está correlacionado con el aumento de la oferta de programas de doctorado.

Solo la Universidad de Buenos Aires produce aproximadamente el 50% de los doctores egresados de Universidades argentinas, y le siguen, en orden de importancia, la Universidad Nacional de Córdoba y la Universidad Nacional de La Plata. Los egresados de Universidades de gestión privada representan menos del 20% del total.

La acreditación de programas de doctorado, desde 1995, está en manos de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU). En cuanto al impacto de la acreditación de posgrados, la respuesta del sistema universitario argentino fue masiva: alrededor del 85 % del universo de carreras han participado en los procesos de acreditación.

Con referencia al impulso de la formación de recursos humanos, puede mencionarse que el CONICET elevó el número de becas doctorales en un 300% en los últimos seis años. Finalmente, digamos que en este mismo período, a través del Programa Raíces, del MINCYT, se repatriaron más de 700 científicos y tecnólogos para que continúen desarrollando sus actividades en las Universidades del país.

El caso de Bolivia

Álvaro Padilla Omiste
Ramón Daza Rivero
Vanya Mónica Roca Urioste

Resumen ejecutivo

Desde el nacimiento del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología con la promulgación de la Ley N° 2209, las universidades bolivianas son las principales protagonistas de la ciencia y tecnología nacionales, fundamentalmente gracias a la voluntad de sus investigadores, a la importante contribución de la cooperación internacional y, en los últimos años, a la promulgación de los Decretos Supremos 28.223 y 28.421 de octubre de 2005, que reglamentan la distribución de los ingresos provenientes de la producción hidrocarburífera de la Nación Boliviana –dispuestos por la Ley de Hidrocarburos promulgada el 17 de mayo de 2005– decretos que asignan el 8.62% del monto total de lo recaudado, a las universidades públicas para el desarrollo de actividades de investigación científica y tecnológica, infraestructura y equipamiento científico y académico, así como para el mejoramiento de la calidad académica, mediante procesos de evaluación y acreditación y procesos de interacción social, en zonas de extrema pobreza.

El actual gobierno boliviano, más preocupado por la decisión política de construir un «Estado Plurinacional», conformado por 36 pueblos indígenas originarios, que remplace y sustituya a la República de Bolivia, no atina a proponer científica, coherente y racionalmente, una política de ciencia y tecnología innovadora, acorde con los tiempos actuales. Por su parte, el sector productivo empresarial hace esfuerzos relativos y limitados para renovarse, por lo que sus aportes a la ciencia y tecnología nacionales, siguen siendo insignificantes en extremo.

No existen indicadores macro sobre los productos de la investigación científica y tecnológica boliviana. La carencia de un real Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, formal y legalmente creado, pero sin funcionamiento, impide contar con una información actualizada de la ciencia y tecnología boliviana, de tal manera que la información que se presenta en el Informe ha sido trabajosamente obtenida y sistematizada, a partir de datos proporcionados por las propias universidades, de otras fuentes y de datos elaborados por los autores.

Las universidades como parte del sistema nacional de innovación boliviano

En Bolivia existen alrededor de 200 centros de investigación científica y tecnológica en funcionamiento, de los cuales, aproximadamente el 80% se encuentran ubicados en las universidades, correspondiendo el 20% restante, a instituciones gubernamentales y a entidades privadas.

La Ley de Fomento de la Ciencia, Tecnología e Innovación N° 2209 de 8 de junio de 2001, definió al Sistema como: «...el conjunto de entidades públicas y privadas, así como sus interacciones que tienen como objetivo la planificación, gestión y ejecución de actividades científicas y tecnológicas y la aplicación de sus resultados». En tal virtud, forman parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: El Sistema Universitario Público, las Universidades Privadas, los Centros e Institutos de Investigación gubernamentales y los Centros e Institutos de Investiga-

ción dependientes de la Academia de Ciencias de Bolivia, organizaciones privadas y organismos no gubernamentales.

En las ciudades capitales de departamento del denominado «eje central» del país (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz) se concentra la mayor cantidad de centros de ciencia y tecnología, que funcionan en las universidades públicas y los institutos privados y gubernamentales, estimándose que en ellas se desarrolla el 64% de las actividades de ciencia y tecnología. Siguen en orden: los departamentos de Chuquisaca, Beni, Potosí, Tarija, Oruro y Pando .

El año 2006, el gobierno boliviano, mediante el Ministerio de Planificación del Desarrollo, elaboró el «Plan Nacional de Desarrollo». Este Plan tiene ocho partes; en la parte quinta, titulada «Bolivia Productiva», en el punto 5.6.2. «Ciencia, Tecnología e Innovación», se establecen las pautas para las actuales tres políticas de gobierno relacionadas con la ciencia y la tecnología. La primera política denominada «ciencia, tecnología e innovación en la integración nacional para el desarrollo productivo con soberanía e inclusión social». La segunda referida a la «consolidación de una cultura científica tecnológica inclusiva para una sociedad del conocimiento con características propias». La tercera política busca la «recuperación, apropiación y difusión de la ciencia, tecnología e innovación de los saberes locales y conocimientos ancestrales de los pueblos indígena originarios».

Pese a que en Bolivia la investigación constituye una actividad secundaria de las universidades, especialmente públicas, es en ellas donde se crea, difunde y aplica la mayor parte del conocimiento científico, tecnológico y la innovación del país, estimándose que alrededor del 80% de la producción de I+D en Bolivia se da en las universidades públicas.

Las universidades bolivianas cuentan con un total de 183 centros de investigación, 141 de los cuales se ubican en las universidades públicas, en especial en la Universidad Mayor de San Andrés, la Universidad Mayor de San Simón y la Universidad Gabriel René Moreno.

Las actividades y los niveles de gasto en I+D en las universidades bolivianas crecieron en los últimos veinte años y han logrado sostenerse en varios centros de investigación universitarios. Pese a ello, se evidencia que de no variar las actuales tendencias en ciencia y tecnología, las universidades están lejos de alcanzar los objetivos científicos y académicos propuestos en sus bien intencionados planes de desarrollo.

La ausencia de una real política científica nacional y la escasa demanda por resultados de la investigación universitaria por parte de los sectores gubernamental, productivo y social han contribuido a una ausencia de referencias necesarias para orientar el quehacer científico de las universidades bolivianas, motivo por el cual las universidades del Sistema de la Universidad Boliviana (SUB) definieron en la última Reunión Nacional sobre Ciencia, Investigación y Tecnología del Sistema Universitario Boliviano, en agosto de 2006, una Estrategia Universitaria de Ciencia, Tecnología e Innovación para el periodo 2007-2010, cuyos ejes fundamentales se refieren al desarrollo de la investigación científica y tecnológica universitaria, a la innovación, a la sociedad de la información y a la sociedad del conocimiento.

Independientemente de tal estrategia, las actividades de investigación universitarias se encuentran organizadas de una manera propia en cada una de las instituciones de educación superior del país. Así por ejemplo, en la Universidad Mayor de

San Andrés, en La Paz, sus 37 Centros (Institutos) buscan relacionar sus líneas de investigación en las áreas científicas correspondientes a las ciencias naturales, ciencias de la ingeniería-tecnología, ciencias sociales, ciencias de la educación y humanidades y ciencias de la salud, con el Plan Nacional de Desarrollo.

La Universidad Mayor de San Simón, de Cochabamba, cuenta con nueve Institutos de Investigación, uno por Facultad. Los Institutos albergan 43 unidades ejecutoras de investigación. Coexisten en la UMSS proyectos que forman parte de programas temáticos institucionales con aquellos que responden más a la lógica de la libre iniciativa de sus investigadores.

La cooperación internacional en materia de ciencia y tecnología ha sido fundamental para el actual desarrollo de la investigación científica y tecnológica en Bolivia, especialmente en lo referido al apoyo a las universidades públicas.

A manera de ejemplo, se resumen algunas facetas de las políticas universitarias bolivianas en torno a la cooperación internacional.

Experiencia de la Universidad Mayor de San Andrés

La UMSA ha firmado los últimos años 42 convenios con diferentes países e instituciones internacionales que han beneficiado a sus Centros de Investigación.

Un convenio reciente suscrito en julio de 2000, con la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional, tiene el objetivo de promover la investigación y la capacidad institucional, para fortalecer la educación superior y el desarrollo universitario según los planes y políticas nacionales. Su propósito es apoyar la realización de actividades de investigación y de formación doctoral y comprende tres fases, la última de las cuales concluye en diciembre de 2010. El Convenio impulsa la investigación multidisciplinaria en un área geográfica específicamente seleccionada para el efecto, mediante 12 proyectos de investigación, a cargo de 7 Institutos. Al mismo tiempo busca la formación a nivel de doctorado en una modalidad especial, de 24 académicos seleccionados de 6 de las 13 Facultades de la UMSA, en universidades suecas, latinoamericanas y bolivianas.

Experiencia de la Universidad Mayor de San Simón

El desarrollo de las capacidades para la investigación en la UMSS ha estado históricamente ligado a la cooperación internacional. Esta vinculación ha permitido crear capacidades, tanto desde el punto de vista de la formación de recursos humanos como de la creación de infraestructuras y adquisición de equipamiento científico, pero también ha condicionado la agenda de la investigación de la Universidad.

El 30% de los investigadores de la UMSS han obtenido algún grado académico en el exterior. Este porcentaje medio encierra bastante heterogeneidad según los grados académicos. En el caso de los doctores, el 100% se ha obtenido en el extranjero, el porcentaje es del 27% en las maestrías, el 82% en las especialidades y solamente el 6% en la licenciatura.

En el período 1998-2000, han tenido lugar 28 estadias de investigadores de la UMSS en el extranjero y 27 estadias de investigadores extranjeros en las unidades de la institución.

En los nueve años comprendidos entre 1992 y 2000 se organizaron, por 13 unidades de investigación, 21 eventos internacionales.

Se declara que 97 Investigadores de la UMSS, de 22 unidades de investigación se relacionan con redes internacionales y con universidades, lo que les permite participar en 44 programas de investigación.

La cooperación internacional ha contribuido a la creación y fortalecimiento de algunas unidades de investigación y a la creación de infraestructura para investigación. Los países que históricamente han realizado las mayores contribuciones son Holanda, Bélgica y Suiza, habiéndose incorporado Suecia en 2000, a través de un importante proyecto para el fortalecimiento de las capacidades de investigación de la UMSS.

Experiencias Recientes

La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y la Vicepresidencia de la República de Bolivia, con el apoyo del Viceministerio de Ciencia y Tecnología, el Viceministerio de Educación Superior, el Ministerio de Educación y Culturas, el Servicio Nacional de Administración de Personal del Ministerio de Hacienda, el Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB), la Asociación Nacional de Universidades Privadas y la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Programa CTS+I), bajo la Dirección Académica de INGENIO (CSIC-UPV) desarrollan en Bolivia un Programa de Especialista Universitario en Planificación y Gestión de la Investigación y la Transferencia de Conocimiento en Universidades que tiene el objetivo que los participantes, utilizando los conocimientos adquiridos durante el curso y los materiales recopilados, diseñen la Estrategia de Investigación y Transferencia de conocimiento y las actividades y organización de la «estructura de interfaz universitaria» (EDIU) de su respectivo centro.

El Esfuerzo Nacional en I+D

Históricamente, las condiciones políticas y económicas de Bolivia no han sido precisamente las más favorables para el financiamiento de la ciencia y la tecnología. Es a partir de la aplicación de los Decretos Supremos 28223 y 28421 de octubre de 2005, que las universidades, públicas principales actoras de estas actividades, se benefician de la participación del Impuesto Directo de Hidrocarburos.

Dos son actualmente las fuentes más importantes que permiten sustentar los gastos derivados del quehacer científico y tecnológico boliviano, fundamentalmente en manos de las universidades públicas: El Impuesto Directo de Hidrocarburos y la cooperación internacional.

Los recursos del IDH están expresamente asignados por disposición legal a infraestructura y equipamiento científico académico, así como a procesos de investigación científica, tecnológica e innovación.

Los recursos provenientes de la cooperación internacional están dirigidos, fundamentalmente, al fortalecimiento institucional (especialmente de la infraestructura y gestión científica y tecnológica universitaria), así como a la formación de recursos humanos en diferentes niveles.

El rol de las universidades en la creación de conocimiento

La reciente Constitución Política del Estado promulgada el 7 de febrero de 2009, se caracteriza, entre otros aspectos, por contener una orientación indígena de carácter etnocéntrico, especialmente andino y, en este sentido, atribuye a los denominados pueblos originarios de Bolivia un papel central protagónico en la formación de los recursos humanos vía la educación superior y en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la investigación.

De acuerdo con la Constitución, la educación superior, además de su rol formador de profesionales, deberá atender los procesos académicos de generación de conocimientos y otorgará status académico y científico, a los saberes ancestrales de los pueblos indígenas. Así se encuentra expresado en el artículo 91º, numeral I de su contenido: « la educación superior desarrolla procesos de formación profesional, generación y divulgación de conocimientos orientados al desarrollo integral de la sociedad., para lo cual tomará en cuenta los conocimientos universales y los saberes colectivos de las naciones y pueblos indígenas, originario campesinos».

Constitucionalmente se ha definido y enunciado la Misión de la educación superior boliviana, en esta concepción, la investigación científica y tecnológica está destinada a «resolver los problemas de la base productiva y del entorno social.»

El numeral II del artículo 91º del nuevo texto constitucional señala dicha Misión de la siguiente manera: «La educación superior es intracultural, intercultural y plurilingüe».

En aplicación de la nueva carta fundamental, deberá aprobarse una ley (de ciencia, tecnología e innovación) que establezca en el país un sistema estatal (ya no nacional) de ciencia y tecnología, que otorgue al Estado, a las universidades, las empresas públicas y privadas, además de los pueblos indígenas, la responsabilidad compartida en la creación y divulgación del conocimiento.

Personal de I+D en Bolivia y Producción Científica

El quehacer científico en Bolivia se ha desarrollando hasta el año 2008, especialmente en el conjunto de centros de investigación universitarios, a través del trabajo de aproximadamente 1.500 investigadores y personal de investigación.

No toda la producción científica de Bolivia concluye con la publicación de los resultados en revistas indexadas. Un buen número de investigadores, principalmente universitarios, publican sus trabajos en revistas científicas de circulación interna en el país. Sin embargo, en virtud de la creciente internacionalización de las instituciones de educación superior boliviana y a la influencia creciente en el quehacer científico universitario, de la cooperación con instituciones y organismos internacionales, se

va consolidando una cultura de publicación de los resultados de la investigación en revistas indexadas.

Producción Tecnológica

Las universidades públicas han generado tecnología, fruto de sus actividades de investigación aplicada, aunque la cultura de las patentes no ha logrado aún insertarse en sus procesos de gestión de la información y el conocimiento científico y tecnológico.

El rol de las universidades en la formación de investigadores

Los investigadores bolivianos se forman básicamente en las universidades públicas, bien sea participando en actividades de I+D en los centros universitarios (institutos, programas o proyectos), o en instituciones nacionales o del exterior con las cuales las universidades públicas tienen relación. En el 2008 las Universidades del Sistema Público ofertaron 125 programas de especialización, 224 de maestría y 12 de doctorado. Por razones de gestión, no han podido desarrollarse en los mismos, procesos de evaluación y acreditación.

Sistema Nacional de Becas

En Bolivia existe oficialmente un Sistema Nacional de Becas a cargo del Servicio Nacional de Administración de Personal (SNAP), que fue creado el 16 de septiembre de 1997, mediante Ley No. 1788 cuyo propósito es otorgar becas en el exterior del país a ciudadanos bolivianos para participar en programas de especialización, maestría y doctorado.

Las universidades bolivianas, fundamentalmente las públicas, desempeñan un papel central en el desarrollo de las actividades científicas y tecnológicas del país, aunque las mismas son recientes e incipientes, su desempeño es trascendental para el futuro de la ciencia y tecnología de Bolivia. Para ello, reviste importancia capital, la continuación de la asignación de los recursos del IDH y la aprobación de una nueva ley de ciencia y tecnología con su respectiva reglamentación, acordes con los recientes cambios constitucionales.

El caso de Brasil

Leandro R. Tessler

Resumo executivo

1. *As universidades como parte do sistema nacional de inovação*

a) *Descrição do Sistema Nacional de Inovação.*

O Sistema Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (SNPD) no Brasil é coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). O MCT coordena o trabalho de execução dos programas e ações que consolidam a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. O objetivo dessa política é transformar o setor em componente estratégico do desenvolvimento econômico e social do Brasil, contribuindo para que seus benefícios sejam distribuídos de forma justa a toda a sociedade.

Estão sob responsabilidade do MCT as duas mais importantes agências de fomento do País – a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNP_q) e suas unidades de pesquisa.

A FINEP apóia ações de C,T&I de instituições públicas e privadas através de chamadas públicas e editais. Assim como a FINEP, o CNP_q apóia iniciativas de CT&I. No entanto, enquanto a FINEP apóia instituições o CNP_q apóia prioritariamente pessoas físicas, por meio de bolsas e auxílios.

O sistema de universidades federais está subordinado ao Ministério da Educação (MEC). Sua atuação em pesquisa é financiada primordialmente pelo MCT através dos órgãos de fomento CNP_q e FINEP e também pelo próprio MEC através da sua Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

Além do SNPD algumas financiadoras estaduais têm importante atuação no cenário de P&D. Em particular a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP é uma das principais agências de fomento à pesquisa científica e tecnológica do país. Com autonomia garantida por lei, a FAPESP está ligada à Secretária de Ensino Superior do governo do Estado de São Paulo. O orçamento anual da FAPESP foi superior a R\$ 400 milhões nos últimos três anos - correspondente a 1% do total da receita tributária do estado. A FAPESP apóia a pesquisa e financia a investigação, o intercâmbio e a divulgação da ciência e da tecnologia produzida em São Paulo.

Uma importante mudança no cenário do financiamento de C&T nos últimos 10 anos foi a criação dos 16 Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, criados a partir de 1999. Desde sua implementação os Fundos Setoriais têm se constituído no principal instrumento do Governo Federal para alavancar o sistema de C,T&I do País. Eles têm possibilitado a implantação de milhares de novos projetos que objetivam não somente a geração de conhecimento mas também sua transferência para empresas. Projetos em parceria têm estimulado maior investimento em inovação tecnológica por parte das empresas, contribuindo para melhorar seus produtos e processos e também equilibrar a relação entre investimentos públicos e privados em ciência e tecnologia.

As universidades desempenham um papel fundamental no SNCT na medida em que possuem programas de pós-graduação sólidos e com eles contribuem de ma-

neira fundamental na formação de quadros e na articulação e utilização de fundos de pesquisa.

O sistema de inovação brasileiro está amadurecendo ao longo dos anos, com o fomento cada vez maior de pesquisas tanto nas universidades quanto nas indústrias. Como pontos fortes podemos citar o robusto sistema de pós-graduação, com uma tradição de avaliação para garantir a qualidade global e que vem formando cerca de 10 mil novos doutores por ano. Há também uma garantia de financiamento através dos Fundos Setoriais. Como pontos fracos podemos mencionar que muito do desenvolvimento de tecnologia ainda é restrito às universidades, enquanto em países mais desenvolvidos ele é feito principalmente no setor industrial. No Brasil o montante investido diretamente pela indústria ainda é relativamente baixo. Vale notar também que vários estados não contam com institucionalização de financiamento,

b) *Investimento em P&D*

O montante total investido em P&D no Brasil quase triplicou entre 2000 e 2008. Esse aumento acompanhou um aumento também significativo do PIB. Em termos de porcentagem do PIB o investimento passou de 1,30 para 1,47%.

A participação do setor privado tem sido em média 47% do total investido, oscilando entre 43 e 50%, sem uma tendência definida.

O investimento público em pós-graduação é historicamente significativamente superior ao investimento privado. Isso não é diferente do que ocorre em quase todo o mundo. Vale notar que o investimento feito pelos estados em pós-graduação, da mesma ordem de magnitude que o investimento federal, é fortemente concentrado no Estado de São Paulo. Em 2007 São Paulo investiu em P&D quase 5 vezes o valor investido pela soma dos demais estados. Em 2000 a mesma razão correspondia a 4 vezes. Isso deve-se principalmente à atuação da FAPESP que tem garantido 1% do total da sua receita tributária do estado pela constituição estadual e também ao comprometimento de 9,57% da arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para o financiamento do sistema universitário daquele estado formado por três universidades estaduais que estão sem dúvida entre as melhores e mais produtivas do país.

Graças a isso e ao financiamento das 3 universidades estaduais, São Paulo apresenta um investimento em C&T em termos de percentual do PIB muito acima da média nacional e mesmo do investimento federal, como pode ser visto na

A maior parte do total dos investimentos públicos, estaduais e federais, em P&D é feito em instituições de ensino superior (IES), em especial financiando bolsas e projetos de pesquisa.

Certamente tem havido um aumento acentuado no investimento em P&D no país durante a última década. O investimento total mais que dobrou, sendo que a parcela empresarial triplicou, passando de pouco menos de 5 milhões a 15 milhões de reais correntes. No entanto, em termos percentuais do PIB houve uma pequena diminuição entre 2001 e 2004 seguida de um aumento até o nível atual. Hoje o Brasil vem investindo quase 1,5% de seu PIB em P&D. Os recursos estatais, incluindo federais e estaduais para P&D são investidos majoritariamente nas universidades.

O nível de investimento por parte do setor privado vem aumentando, mas ainda está longe de poder ser comparado ao que ocorre em países mais desenvolvidos.

Algumas IES brasileiras vêm tendo sucesso na captação de recursos estrangeiros para P&D. Isso ocorre principalmente através de contratos de financiamento de projetos de P&D. No entanto, as cifras ainda são reduzidas e não se compram com práticas em países mais desenvolvidos.

O Brasil mantém convênios de pesquisa com outros países iberoamericanos bem como com os Estados Unidos e países da Europa.

2. *O papel das universidades na criação do conhecimento*

a) *Recursos humanos para P&D*

O número de pesquisadores no país praticamente dobrou entre 2000 e 2008. O aumento no número de mestres e de doutores é maior que o aumento entre profissionais com graduação ou especialização. No setor de governo o número de pesquisadores que têm somente graduação vem diminuindo. O crescimento da população de profissionais pós-graduados é consequência das políticas de fomento a programas de pós-graduação.

O Brasil conta com um Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) mantido pelo CNPq. No período entre 2000 e 2006 houve uma diminuição da participação relativa das áreas de ciências agrárias, exatas e da terra, biológicas e engenharias e um aumento nas áreas de saúde, ciências humanas, ciências sociais aplicadas e de lingüística, letras e artes.

A Universidade de São Paulo (USP) é a maior instituição universitária brasileira, com mais que o dobro de pesquisadores do que segunda maior, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

A distribuição por gênero dos pesquisadores cadastrados no DGP era dominada por homens em 2000 mas atualmente as proporções de homens e mulheres são equivalentes.

Não se verifica uma diversificação nas especialidades dos pesquisadores nos últimos anos.

O Brasil vem formando cerca de 10 mil doutores por ano nos últimos anos. É um número considerável, que está disponibilizando para a sociedade uma força de trabalho com bom potencial criativo e treinada para a pesquisa. O número de pesquisadores trabalhando nas universidades aumentou de forma muito significativa, de forma que estamos avançando na direção de um corpo de pesquisadores mais jovem e qualificado.

Também são importantes os estímulos para a interação entre a universidade e o setor produtivo que vêm ocorrendo através do financiamento via fundações dos estados (em particular a FAPESP) e os fundos setoriais. Idealmente, pesquisa tecnológica deve ocorrer nas empresas mais que nas universidades. O papel das universidades deve ser fundamentalmente na direção de formar gente qualificada e treinada para agir num ambiente de inovação.

b) *Produção científica*

O Brasil vem aumentando vertiginosamente sua produção de artigos científicos. Em 2008 foram entre 33,5 mil e 34,2 mil, de acordo com a base de dados consultada.

Dentre as 20 instituições com o maior número de publicações, apenas uma não é uma universidade mas uma instituição federal de pesquisa. Todas as universidades nessa lista são públicas sendo as duas primeiras e a quinta estaduais financiadas pelo estado de São Paulo. Outras duas dessa lista são também estaduais, uma do estado do Rio de Janeiro e uma do Paraná. As demais são instituições de ensino federais. A instituição privada com maior número de publicações ocupa a posição 28. A produção científica brasileira está fortemente apoiada nas universidades públicas, em particular no sistema estadual paulista.

A distribuição por área entre as 20 maiores mostra uma clara predominância das ciências biológicas e da vida estando apenas Ciência dos Materiais, Química e Físico-Química fora dessa área.

A taxa de co-autoria internacional vem oscilando entre 42 e 49% sem apresentar uma tendência muito bem definida. Isso corresponde a um grau de internacionalização importante ao mesmo tempo em que demonstra a maturidade das instituições locais.

A participação do Brasil no total mundial de artigos vem crescendo de forma muito elevada. Em 2008 o Brasil era responsável por 2,63% de toda a produção científica mundial. Na última década o impacto relativo dos artigos brasileiros aumentou de 57% para 63% da média mundial. A área em que o Brasil está mais próximo da média de impacto mundial é nas Engenharias, onde atinge 95%. Também são importantes as áreas de Matemática com 90% e Física com 89%.

Não há dúvida de que a imensa maioria da produção científica brasileira ocorre nas universidades públicas. Essa situação não difere muito dos países mais desenvolvidos. De qualquer forma o número de instituições não-universitárias que realizam pesquisa é bastante reduzido.

c) *Produção tecnológica*

No Brasil a propriedade intelectual é garantida Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Em 2006 foram depositadas 26,5 mil patentes..

A evolução do número de patentes das 10 maiores patenteadoras do Brasil mostra que as universidades estão aumentando significativamente sua participação nos últimos anos. Em 2008 eram 50% do total de patentes da lista. Isso é fruto de políticas de fomento ao desenvolvimento de propriedade intelectual nas universidades bem como da oferta de mão de obra qualificada. A maior patenteadora brasileira é a Petrobrás, empresa estatal.

Nos últimos anos a USP e a Unicamp vêm disputando a liderança no número de patentes entre as instituições de ensino superior.

A evolução do número total de patentes solicitadas por brasileiros junto ao U.S. Patent and Trademark Office (USPTO) vem sendo positiva, tendo passado de 240 a 385 entre 200 e 2006. No entanto, o número de patentes concedidas é de

cerca de 100 por ano. O aumento nas solicitações é relativamente pequeno quando comparado ao aumento que ocorreu nas publicações científicas no mesmo período e bastante concentrado nas universidades.

Dentro dessa cena, parece-me claro que os pesquisadores brasileiros estão efetivamente contribuindo para que a economia do país se torne mais intensiva em conhecimento e inovação. As universidades apresentam um crescimento bem acentuado no número de patentes depositadas. No entanto, a maior parte das patentes é depositada pela indústria, especialmente a gigantesca estatal Petrobrás. Isso não é uma desvantagem para o desenvolvimento. Ao contrário, o papel das universidades deve ser principalmente o de formar quadros capacitados para realizarem a inovação dentro das empresas.

3. *O papel das universidades na formação de pesquisadores*

O Brasil conta com mais de 1300 programas de doutoramento ativos. Houve um aumento de 60% nesse número entre 2000 e 2008. Cerca de um décimo desses programas correspondem às áreas de engenharia.

Todas as 10 universidades com o maior número de programas são públicas sendo duas estaduais e as demais federais. Oito delas localizam-se nas regiões sul ou sudeste. Havia em 2008 um total de 52750 estudantes de doutorado no Brasil (mais 88895 mestrandos), distribuídos entre diversas áreas.

No Brasil são oferecidas 16,3 mil bolsas de doutorado pela CAPES, subordinada ao Ministério da Educação, 8,77 mil pelo CNPq, subordinado ao MCT além das fundações estaduais, entre as quais destaca-se a FAPESP com aproximadamente mil bolsistas. O Brasil formou 10,7 mil doutores em 2008. Mais da metade desses doutores foram formados nas regiões sul e sudeste.

O sucesso do sistema de pós-graduação brasileiro deve-se em grande parte ao sistema de avaliação operado pela CAPES. Essa avaliação, que é feita em base trienal em cada área, classifica todos os programas de pós-graduação. A partir dos resultados dessa avaliação o Conselho Nacional de Educação pode autorizar ou não o funcionamento dos cursos. Cursos com um histórico de problemas em relação a qualidade podem sofrer intervenção ou mesmo ser fechados. A CAPES não divulga o número de cursos não recomendados, o que torna difícil obter o percentual de acreditação.

As instituições de ensino superior estão conseguindo formar recursos humanos de boa qualidade para a pesquisa e a inovação. Isso vem se refletindo no rápido aumento da posição do Brasil entre os países produtores de artigos científicos. O maior problema é que o Brasil ainda forma pouco em relação ao seu tamanho. O Brasil tem apenas 13,5% da população na idade correta em ensino superior, sendo que 75% desses jovens estão em instituições de ensino superior privadas em que muitas vezes a qualidade deixa a desejar. Outro problema é o sempre ignorado setor da formação vocacional, ainda muito incipiente no país. Formamos pouco técnicos e tecnólogos de forma que essas funções acabam sendo desempenhadas por pessoal pouco qualificado.

A política de bolsas de estudos no estrangeiro vem mudando nos últimos anos, tendo diminuído muito a disponibilidade de bolsas nas áreas em que o país já

amadureceu. Desse modo fica muito difícil sabermos quantos pesquisadores regressam ao país com um doutorado no estrangeiro.

IV. Observações finais

A partir dos dados aqui mostrados, é evidente a importância da universidade, em especial do sistema público estadual paulista e do sistema público federal para o desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil e mesmo para outros países latino-americanos. O estabelecimento de um sistema de pós-graduação nos moldes internacionais, com um sistema de avaliação eficaz permitiu um amadurecimento da formação de pesquisadores que vêm atuando em toda a cadeia de inovação. Comparado a outros países da região os indicadores brasileiros são muito promissores. Sem dúvida persistem problemas endêmicos como a baixa cobertura do ensino superior, a quase ausência do setor de ensino privado na pós-graduação e as desigualdades regionais. No entanto, com uma taxa de formação de aproximadamente 10 mil doutores por ano as perspectivas são muito positivas.

El caso de Centroamérica

*(Costa Rica, El Salvador, Guatemala,
Honduras, Nicaragua y Panamá)*

Gabriel Macaya Trejos
María Santos P.
Mariela Arias Hidalgo

Resumen ejecutivo

Este capítulo presenta un resumen de la situación de la ciencia y la tecnología en Centroamérica, desde una perspectiva del papel de las Universidades en su desarrollo. «Cuando ... se hace referencia a Centroamérica por lo general se están incluyendo seis países: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. ... Esta definición de Centroamérica privilegia el criterio de ubicación geográfica de los seis países en esta franja de tierra entre el océano Pacífico y el mar Caribe, América del Sur y América del Norte»¹.

Como señala el Tercer Informe del Estado de la Región, «la situación actual de Centroamérica muestra un panorama complejo, en el que se observan rezagos y debilidades, pero también avances y fortalezas que pueden ayudar a superarlos. Aparte de describir esa realidad, este Informe plantea redescubrir Centroamérica y remozar la integración regional, como alternativa para ampliar los márgenes de maniobra y enfrentar los nuevos y viejos desafíos»².

Como se repetirá a lo largo de este resumen, y como se puede constatar en los informes nacionales anexados, a pesar de la unidad cultural, hay una enorme variabilidad de cualquier indicador que quiera considerarse. Basta citar el rango de valores del Producto Interno Bruto (expresado en dólares americanos de poder paritario de compra, PPC), desde los cerca de \$11.000 de Panamá y Costa Rica a los \$2.500 de Nicaragua. Igualmente si medimos el índice de desarrollo humano que coloca a Costa Rica en la posición 54, cerca de Panamá (60), como países de desarrollo humano alto y lejos de el resto de los países de la Región, todos de desarrollo humano medio: El Salvador (106), Honduras (112), Guatemala (122) y Nicaragua (124). Iguales consideraciones pueden hacerse con la esperanza de vida al nacer, o la mortalidad infantil.

La elaboración del presente resumen, a partir de informes para los países de la región, pone en evidencia las dificultades de cualquier tarea que, en el ámbito regional, busque elaborar un balance de una situación de por sí dispar y en donde la acumulación de información pertinente en los países es todavía una aspiración de futuro. El señalamiento de las dificultades de acceso a información relevante no es una excusa que justifique el carácter incompleto de este informe, sino una llamada de atención en cuanto a lo que señala el citado Tercer Informe del Estado de la Región: «En una región cuyo legado autoritario plantea el reto de una mayor transparencia en la gestión del desarrollo, resulta imperativo expandir las fronteras de información al acceso de la ciudadanía. Más transparencia y más difusión de información relevante para el diseño de políticas de desarrollo contribuirá al establecimiento de una institucionalidad más sensible a las expectativas y urgencias de la población.»³ Creemos que, a pesar de las carencias que oportunamente señalaremos en los diferentes apartados de este resumen, la información recopilada permite un acercamiento al

¹ Proyecto Estado de la Nación. 2008. Tercer Informe Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Proyecto Estado de la Nación.

² Proyecto Estado de la Nación. 2008. Tercer Informe Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Proyecto Estado de la Nación.

³ Proyecto Estado de la Nación. 2008. Tercer Informe Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Proyecto Estado de la Nación.

problema y da las bases para un primer abordaje a las políticas de desarrollo científico y tecnológico, desde la perspectiva del papel que en él juegan las universidades.

Las Universidades como parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

La constitución de sistemas universitarios nacionales, su desarrollo y su integración en un Sistema Regional Centroamericano, ha sido una aspiración de todos los países de la Región. Sin embargo, la historia del desarrollo de las universidades centroamericanas pone en evidencia su diversidad. Desde la fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la primera de la Región, en 1676, hasta la proliferación en años recientes de una gran diversidad de universidades privadas, pone en evidencia la visión de los próceres de siglos anteriores y la relativa miopía de gobiernos recientes, que no han sabido formular con claridad políticas de desarrollo que permitan canalizar armónicamente las aspiraciones de la ciudadanía y la realidad de los recursos humanos disponibles. La Universidad de León, Nicaragua se crea en 1812, y a partir de la independencia de los países de la región en 1821 surgen universidades en El Salvador (1841), Costa Rica (1843) y Honduras (1847). Panamá crea su Universidad en 1935. Son estas Universidades Nacionales, que obtienen paulatina autonomía a lo largo de su historia, las que consolidan los primeros elementos de los Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología.

Cada uno de los países de la Región ha constituido explícitamente un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, con estructura y organización diversa, pero con un reconocimiento explícito de las Universidades como elemento de gran importancia en su constitución y operación. Las formas institucionales difieren entre los países pero algunas características comunes pueden ponerse en evidencia. El Cuadro 1 resume los Sistemas de Ciencia y Tecnología de la Región. La consideración explícita de la innovación dentro de los diferentes Sistemas añade un elemento de diferenciación importante. Únicamente en Costa Rica y Panamá el Sistema incluye en su denominación la innovación.

Cuadro 1: Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Centroamérica.

País	Ámbito político	Ámbito técnico	Ámbito académico
Costa Rica	Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICYT)	Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICYT)	Academia Nacional de Ciencias (ANC)
El Salvador	Viceministerio de Ciencia y Tecnología	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	
Guatemala	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT)	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT)	Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales
Honduras		Consejo Hondureño de Ciencia y Tecnología (COHCIT)	Academia Nacional de Ciencias de Honduras
Nicaragua		Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología (CONICYT)	Academia de Ciencias de Nicaragua
Panamá	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT)		

A las instituciones señaladas en Cuadro 1, debe agregarse una importante diversidad de medios de articulación, promoción y ejecución de actividades científicas, tecnológicas y de innovación. Entre estos cabe señalar los Consejos Regionales de Ciencia y Tecnología (Costa Rica), los diversos Fondos Nacionales de Ciencia y Tecnología (Costa Rica, El Salvador, Guatemala), las Comisiones Técnicas Sectoriales e Intersectoriales (Guatemala, Panamá).

En todos los sistemas nacionales es evidente la voluntad de integrar al mayor número de instituciones que directa o indirectamente están asociados con actividades científicas, tecnológicas o de innovación, sean estas de cualquiera de los tres sectores tradicionales: gobierno, empresarial y académico. Sin embargo, no hay evidencia de una adecuada articulación de los actores del sistema, respondiendo a políticas estatales. Caso aparte digno de señalar, es el de Costa Rica, con la propuesta de una estrategia de largo plazo para el desarrollo nacional, basada en ciencia, tecnología, educación e innovación (Estrategia Siglo XXI).

En general, la estructura de estos Sistemas es en exceso compleja, generalmente por una voluntad incluyente, que dado el tamaño de las comunidades científicas de los países de la Región, parece abultada, más de carácter retórico que operativo. Parece indispensable identificar las instituciones claves en el sistema, reconocerlas y apoyarlas, con un criterio más de selección que de inclusión. Estos sistemas deben partir del reconocimiento de que, en la Región Centroamericana, la producción de resultados científicos y tecnológicos, sean estos conocimientos, prototipos o soluciones tecnológicas, viene principalmente de las universidades y de éstas, principalmente de las públicas. La demanda local por las empresas de resultados científicos y tecnológicos es aún incipiente y la oferta, sobre todo la académica, está desarticulada de las necesidades del sector productivo. Sin embargo, los informes nacionales ponen en evidencia algunas experiencias exitosas que deben ser analizadas.

Inversión en Investigación y Desarrollo

Todos los países de la región tienen una muy baja inversión en Investigación y Desarrollo. Aún el de mayor inversión, Costa Rica, con un 0,4% del PIB en el 2008, invierte cerca de la mitad del promedio de países latinoamericanos (0,67% del PIB). Panamá dedica a esta actividad la mitad que Costa Rica (0,2% del PIB) y el resto de los países menos del 0,1% del PIB. No hay datos completos en cuanto al origen del financiamiento o al sector de ejecución. Con los datos parciales existentes se puede afirmar que una parte importante del financiamiento que puede llegar al 50%, en los casos de Guatemala y Panamá, en donde hay datos, viene de fuentes extranjeras. El resto es de origen gubernamental y una parte importante viene de las instituciones de educación superior. En cuanto al sector de ejecución, de nuevo son las universidades, principalmente las estatales, las responsables de la mayor parte de la ejecución. Es importante señalar el caso de Panamá, donde un porcentaje cercano al 50% de los recursos se invierte en «otros organismos» no públicos, universidades o privados. Esto refleja posiblemente la actividad en Panamá de importantes grupos de investigación extranjeros, como el Smithsonian Tropical Research Institute (STRI).

En Costa Rica, a pesar de la baja cifra oficial de inversión en investigación y desarrollo, se presume que hay deficiencias metodológicas en la estimación de esta variable. La producción científica, que se analiza en el apartado siguiente, indica una actividad más importante que la que las cifras de inversión indican. Probablemente haya una mala estimación de los recursos provenientes del extranjero.

Todos los países de la región acusan sistemas locales deficientes para el financiamiento de las actividades de investigación científica y tecnológica. La empresa invierte poco y está desconectada de los grupos de investigación más consolidados. Éstos dependen en mucho del financiamiento extranjero. No hay datos que permitan sustentar estas afirmaciones, pero algunas consideraciones del caso costarricense pueden extrapolarse al resto de los países de la región. Frente a la poca disponibilidad de recursos locales para investigación, los grupos más desarrollados buscan acceso a fondos internacionales. Esto puede verse, como se comentará en el apartado siguiente, en que una buena parte de la producción científica costarricense (alrededor del 30%), aquella medida por los artículos indexados, se realiza en colaboración con grupos del extranjero⁴. Esta conectividad es mucho mayor que la conectividad local de los grupos, que tienden a trabajar aisladamente en el ámbito nacional.

El rol de las Universidades en la creación de conocimiento

Recursos Humanos para I+D

El mayor número de investigadores científicos y tecnológicos de la región se concentran en Costa Rica (59%), siendo la costarricense la comunidad científica más grande y diversa de la región. En toda la región, los investigadores se encuentran mayoritariamente en las universidades. El número reportado en el sector privado es

⁴ Lomonte, B & Ainsworth, S. (2002). Publicaciones científicas de Costa Rica en *Science Citation Index*: análisis bibliométrico del trienio 1999-2001. *Rev. Bio. Trop.* 50, 956-962.

muy bajo, siendo el porcentaje mayor (11%) en Honduras. Esta concentración del personal de investigación en las universidades refuerza la afirmación que se hará a lo largo de este análisis del papel central de estas instituciones en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la región.

Un elemento preocupante es que la dedicación de estos investigadores a sus actividades no parece ser prioritaria, ya que en general le dedican un porcentaje relativamente bajo de su tiempo. Las cifras son incompletas, pero se puede afirmar que esta dedicación, según países, es entre un tercio y dos tercios de su tiempo a investigación. No parece existir un contingente importante de investigadores de tiempo completo. En algunos casos, como el costarricense, esta dedicación puede ser tan baja que podría calificarse como una actividad de tiempo residual. Esta afirmación, basada en la comparación de personal de investigación expresado como personas físicas o como equivalentes de jornada completa, no concuerda con la alta productividad de los científicos costarricenses. O bien los científicos costarricenses son dos veces más productivos en promedio que los investigadores españoles⁵, o las cifras de dedicación (o de equivalentes de jornada completa) deben reevaluarse.

Producción científica

En la región Centroamericana, a pesar de las diferencias en el valor absoluto de los índices de producción científica, ésta viene de las universidades y de las públicas en particular. Esto parece ser una consecuencia natural de la concentración de investigadores en estas instituciones. Cerca de la mitad de las publicaciones indexadas de la región vienen de Costa Rica (46%). Y en Costa Rica, cerca de la mitad de estas publicaciones (49%) viene de la Universidad de Costa Rica. Este simple hecho pone en evidencia que en la región centroamericana cerca de un cuarto (23%) de la producción científica viene de una sola institución. La situación ha ido cambiando a lo largo de los años y esta hegemonía institucional ha venido cediendo al impulso de otras instituciones. Hace cerca de 20 años esta proporción era cerca de la mitad. Sin embargo, la Universidad de Costa Rica, por su producción de investigación, por el número de programas de posgrado que desarrolla, y por el número y prestigio de sus grupos de investigación, sigue siendo la institución de investigación más influyente de la Región.

Es importante señalar que, necesariamente, las pequeñas comunidades científicas centroamericanas tendrán una diversidad científica limitada. En este estudio se trató de construir índices de diversidad de estas comunidades (usando analogías con los índices de diversidad biológica usuales) pero la poca disponibilidad de datos, y el tamaño mismo de la mayoría de las comunidades, no permitió una construcción útil para efectos de comparación.

⁵ Ramos-Vielba, Irene (2008) Mapa Iberoamericano de fortalezas y oportunidades en ciencia y Tecnología, Consejo de Rectores de la Universidades Españolas (CRUE), Consejo Universitario Iberoamericano (CUIB).

El rol de las Universidades en la formación de investigadores

Se parte de la consideración de que el mecanismo idóneo de formación de investigadores está ligado a la formación doctoral. El desarrollo de los programas de doctorado en la región es incipiente, manteniendo un retraso en relación al desarrollo y consolidación de grupos de investigación. La mayoría de los programas de doctorado de la región se concentran en Costa Rica, lo que es consecuente con su desarrollo de investigación. No hay todavía un mecanismo de acreditación de los programas de Doctorado. Esta tarea está encomendada a la Agencia Centroamericana de Acreditación de Postgrados (ACAP), creada en 2006 y que ya ha iniciado acreditación de programas de maestría. En cooperación con la Red Iberoamericana de Acreditación de la Calidad de la Educación Superior (RIACES), ACAP desarrolla un modelo de acreditación regional de programas de doctorado.

Consideraciones finales

El análisis de los informes nacionales para los seis países centroamericanos, pone en evidencia dificultades de acceso y disponibilidad de información crítica para la formulación de políticas de desarrollo, en general, y de desarrollo científico y tecnológico en particular. Las series disponibles son incompletas, y un análisis fino de las mismas pone en evidencia discrepancias e incongruencias que hacen difícil su aplicación a la descripción de la realidad y a la formulación de políticas. Indicadores básicos no están disponibles y cuando lo están, no se integran en series temporales que permitan validarlos.

Costa Rica ha hecho recientemente un importante esfuerzo, gracias a su Comisión de Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Se han publicado dos ediciones de los Indicadores Nacionales en Ciencia, Tecnología e Innovación. Este es un trabajo interinstitucional, realizado conjuntamente por la Comisión citada con el Centro Internacional de Política Económica (SINPA) de la Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica. Este esfuerzo apenas comienza a rendir sus frutos y el trabajo de recopilación de información debe llevar a las instituciones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, a mejorar su prácticas de recopilación y manejo de información.

Paralelamente a este esfuerzo de recopilación de información e indicadores, en el marco del Programa de Estado de la Nación, la iniciativa Estrategia Siglo XXI ha iniciado, con apoyo del banco Interamericano de Desarrollo (BID), la elaboración de un informe anual sobre el estado de la ciencia y la tecnología en Costa Rica. Este esfuerzo se une a la publicación anual del Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano sostenible y a la publicación periódica del Informe sobre el Estado de la Educación en Costa Rica y del Informe del Estado de la Región (centroamericana). Se tienen así un conjunto de análisis y de información estadística crítica para el planteamiento de políticas en la región.

Como se comentaba en la introducción, los habitantes de la Región Centroamericana han manifestado desde hace muchos años una voluntad de integración que la hace fuerte frente a las otras regiones y naciones. El tamaño de la región, su población y sus recursos obligan a una acción concertada. Es en este esfuerzo que

se deben ver los resultados de este estudio. Las universidades centroamericanas han sido agentes de cambio social importantes. Han contribuido al desarrollo de recursos humanos calificados y a la producción de conocimiento indispensable para el futuro de la región. Su papel debe reconocerse y reforzarse.

El caso de Chile

Jaime Baeza H.

Resumen ejecutivo

1. *Las universidades como parte del sistema nacional de innovación*

1.1. *Descripción sistema universitario*

El sistema universitario chileno está constituido por 59 universidades registradas ante el Consejo Superior de Educación (CSE), de las cuales 47 están acreditadas por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA-Chile) en las áreas de gestión institucional y docencia de pregrado; 25 de estas universidades corresponden a las llamadas «universidades tradicionales» e integran el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (CRUCH). Las otras universidades corresponden a las universidades denominadas «universidades privadas» que nacen a partir de 1981 como resultado del D.F.L. N° 1, que reestructuró la organización de la Educación Superior chilena.

De acuerdo con CNA-Chile, 15 universidades están acreditadas en el área de investigación, y 7 de éstas acreditadas en docencia de postgrado.

El sistema universitario es responsable de parte importante de la actividad de investigación, y está crecientemente consciente de su responsabilidad de ser animador del desarrollo del conocimiento.

En el sistema universitario chileno coexisten tres tipos de universidades; las denominadas universidades de enseñanza, las universidades de investigación y las universidades que cumplen las tres funciones; enseñanza, investigación y emprendimiento y que se denominan universidad de la innovación. Estas últimas utilizan una serie de elementos que les permite cumplir su misión; centros investigación y desarrollo, oficina de transferencia tecnológica, unidad propiedad intelectual, incubadoras y, programas de emprendimiento y de parque científico tecnológico.

Es importante mencionar que tanto en las universidades de investigación como en las de innovación, y con mayor énfasis en estas últimas, las características de la institución tienen un impacto en la formación de los profesionales por el contacto con nuevas tecnologías, una mayor apertura a nuevos desafíos, y una mayor capacidad para crear nuevas empresas y redes. Además, estas universidades por exigencias de su misión cuentan con mejores recursos humanos, reflejados en un más alto porcentaje de académicos con grado de doctor y mejor infraestructura, fundamentalmente de laboratorios. Las otras dos características son su mayor vinculación con la sociedad y la capacidad de generar ingresos provenientes de su actividad de investigación.

INSTITUCIONALIDAD DEL ESTADO PARA EDUCACIÓN SUPERIOR. En relación a Educación Superior, el estado chileno ha establecido una institucionalidad pública que incluye las siguientes entidades: División de Educación Superior-DIVISUP, Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas-CRUCH, Consejo Superior de Educación-CSE, Comisión Nacional de Acreditación-CNA-Chile, Comisión de Cré-

dito Universitario y Programa de Mejoramiento de la Calidad y la Equidad de la Educación Superior-MECESUP.

MATRÍCULA PREGRADO. En la última década el sistema universitario chileno ha experimentado un explosivo aumento en su matrícula. Entre los años 1990 y 2000 la matrícula pasó de aproximadamente 125 mil alumnos a 300 mil. Este crecimiento ha continuado, superando los 500 mil estudiantes en el año 2007.

En relación con la titulación en universidades del CRUCH a nivel de pregrado, la tendencia está claramente marcada por los egresados de las áreas de tecnología, educación y ciencias sociales.

MATRÍCULA POSTGRADO. En el periodo que va de los años 2000 a 2008 al igual que en nivel de pregrado, se produjo un claro aumento de la matrícula de doctorado y magíster, duplicándose en el periodo señalado. El año 2008 las universidades pertenecientes a CRUCH registran una matrícula a nivel de magíster y doctorado de 17.795 y 3.245 estudiantes, respectivamente.

1.2. *Sistema nacional de innovación*

La estructura del Sistema Nacional de Innovación es liderada por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), organismo público-privado que actúa como asesor permanente del Presidente de la República en materia de innovación.

Las funciones del CNIC son: a) formular estrategias de largo plazo, b) orientar las políticas públicas, c) proponer lineamientos para una estrategia nacional de innovación para la competitividad de largo plazo, d) proponer medidas para fortalecer el Sistema Nacional de Innovación y la efectividad de las políticas e instrumentos públicos en la materia y e) proponer criterios de asignación de recursos del presupuesto del sector público en este ámbito.

Resultados y desafíos de la Política de Innovación

Se ha logrado un importante avance en el diseño de una política de innovación como un resultado de un debate y un consenso creciente acerca de la importancia de la ciencia y la tecnología para el desarrollo del país. Esto es en parte resultado de la creación del Comité de Ministros de Innovación y de la creación y legitimización del CNIC.

Es igualmente relevante la elaboración de las propuestas del CNIC de los años 2005 y 2006 que plantearon las primeras recomendaciones para una política de innovación y la definición de líneas estratégicas a partir del año 2008.

Los resultados de la política de innovación se ven reflejados en mayor reconocimiento de la comunidad a la importancia de la innovación, aumento de recursos para ciencia e innovación, emergencia de nuevos actores como CORFO-INNOVA y Gobiernos Regionales, una mayor, pero aún insuficiente, participación del sector privado y fortalecimiento de los programas de formación de capital humano avanzado.

A pesar de estos logros, se requiere implementar políticas que permitan dar saltos de alto impacto. Ello hace necesario una mayor inversión en investigación, innovación y formación de capital humano avanzado fortaleciendo el sistema universitario, estimular la participación del sector privado y fortalecer las capacidades de las regiones. De gran trascendencia es priorizar áreas estructurales tales como

educación y salud y, áreas de futuro tales como nanotecnología, ciencia de materiales, entre otras.

1.3. *Agencias de financiamiento*

Las agencias de financiamiento cumplen un importante rol en la implementación de las políticas de innovación. El esfuerzo que han efectuado estas instituciones estimulando la realización de proyectos de investigación con orientación en ciencia básica y aplicada ha sido clave en el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación del país. Entre las agencias debemos destacar el papel cumplido por CONICYT y CORFO.

1.4. *Inversión en I+D+I*

Tanto el monto absoluto como la proporción del PIB dedicado a I&D ha crecido de 0,32 en los 70's a 0,67 en los 2000's. Sin embargo, un estudio en innovación desarrollado por la OCDE concluye que el esfuerzo en I+D de Chile es insuficiente comparado a países del mismo tamaño económico y de fuerza de trabajo. Mientras en Chile el PIB es de 0,7% los países europeos y países pertenecientes a OCDE invierten en promedio 1,8% y 2,2%, respectivamente.

El gasto público directo en ciencia, tecnología e innovación ha crecido en los últimos cinco años. En el 2005 alcanzó MM\$ 134.000 (US\$MM 257), incrementándose en 26% en el año 2006 y así sucesivamente en los siguientes años, 29%, 7% y 27%, para alcanzar en el 2009 MM\$ 295.000 (US\$MM 567).

Los recursos de CONICYT han aumentado en forma significativa en los últimos años, con un incremento real de 121% en el periodo 2005-2009. Los recursos destinados a proyectos científicos y tecnológicos aumentaron en 54%, y los destinados a la formación de capital humano en 490%. Esto último se explica en parte por la creación del Fondo Bicentenario.

En relación con INNOVA (CORFO) el aumento presupuestario es igualmente importante, pasando de 27,9 a 67 millones de dólares en el periodo 2002-2007.

2. *El rol de las universidades en la creación de conocimiento*

La actividad de I+D+I es una parte importante de la misión universitaria, pero en Chile, la responsabilidad es mayor por ser las universidades responsables en un alto porcentaje de la investigación que se realiza en el país. La investigación y formación de postgrado, particularmente a nivel de doctorado se realiza fundamentalmente en las universidades participantes del CRUCH.

Entre las universidades privadas existen aquellas que en forma creciente participan en investigación y formación de postgrado en áreas específicas. Un buen ejemplo de ello es la Universidad Andrés Bello, recientemente acreditada en el área de investigación, la Universidad Diego Portales y la Universidad Adolfo Ibáñez.

2.1. *Universidades acreditadas en investigación*

En la siguiente Tabla se señala para las universidades acreditadas en investigación, pertenecientes al CRUCH, indicadores basados en las capacidades de cada una de estas instituciones para formar capital humano avanzado y trabajar en ciencia y tecnología.

(Ver Tabla en página siguiente)

Es clara la relación entre los distintos indicadores de las universidades acreditadas en investigación. Es así como existe una directa relación entre el número de académicos con postgrado, el número de programas de doctorado acreditados y la capacidad para tener estudiantes de este nivel y graduarlos. Igualmente se observa que el número de estudiantes de doctorado es críticamente bajo incluso en aquellas universidades con mayor actividad en investigación, que no alcanzan a tener 5% de sus estudiantes a nivel de doctorado.

En relación con los proyectos FONDECYT, un indicador de la actividad en ciencia de base, se mantiene la correlación.

Los proyectos FONDEF e INNOVA y las solicitudes de patentes como indicadores de la capacidad de realizar actividad de I&D mantienen el mismo ordenamiento que la de los proyectos FONDECYT, con algunas excepciones. Ello demuestra que toda la actividad de creación de conocimiento sin distinguir mayor clasificación está centrada en un número relativamente reducido del total de 59 universidades que tiene el país.

Finalmente, más allá de las dudas siempre planteadas, está claro que si sólo se utilizara como indicador el número de publicaciones ISI, el ordenamiento sería análogo.

2.2. *Recursos humanos para I&D*

INVESTIGADORES. Si bien es posible constatar en Chile el desarrollo de actividad científica de excelencia en diversas disciplinas, su impacto sobre el sistema productivo nacional no resulta satisfactorio. Ello dice relación, en parte, con la baja dotación de investigadores con que cuenta el país y con su dispersión, lo que dificulta constituir las masas críticas necesarias para generar mayor impacto, aspecto que se ha estado revirtiendo en años recientes. Los elementos culturales constituyen otro factor que distancia a la actividad científica del sistema productivo.

No se cuenta con una cifra actualizada del número de investigadores, sin embargo, en el año 2004 RICYT indica que éste fue de 18.500, y de acuerdo con FONDECYT, durante el periodo 2004-2009, el número de investigadores participantes en proyectos de investigación fue de 5.578. En el año 2008 la matrícula de doctorados en universidades del CRUCH fue de 3.245.

Más allá de las cifras, el número de investigadores que participan en Investigación y Desarrollo en Chile es bajo si lo comparamos con países con alto grado de Investigación y Desarrollo. En Chile hay un investigador por cada mil habitantes mientras que los países de la OCDE tienen un promedio de tres investigadores por cada mil habitantes. En países como Suecia, Finlandia y Japón, este número varía entre 5 y 7.

Tabla. Indicadores Universidades CRUCH Acreditadas en Investigación

	Académicos(1)	Programa de Doctorado (2)			Publicaciones 2002-2008 ISI (3)	Proyectos			Solicitud Patentes(7) 1995-2007
	con Postgrado 2008	Acreditadas 2009	Estudiantes 2008	Graduados 2008		FONDECYT(4) 2009	FONDEF(5) 200-2007	INNOVA(6) 2006-2007	
U. de Chile	1041	32	996	119	8535	115	56	15	38
PUC de Chile	1532	29	746	88	5535	115	45	4	30
U. de Concepción	820	15	434	42	3405	53	52	23	77
U. Austral	400	6	150	25	1435	35	24	10	8
U. Santiago	510	8	264	14	1686	26	24	1	21
PUC de Valparaíso	349	7	178	21	714	15	25	4	10
U. F. Santa María	242	4	80	16	890	24	14	1	52
U. de la Frontera	252	2	59	10	591	17	10	1	4
U. Católica del Norte	300	3	62	5	735	12	15	4	5
U. de Talca	294	2	63	5	446	11	4	2	1
U. de Valparaíso	274	2	30	0	489	10	8	4	4
U. de Antofagasta	231	3	45	0	341	40	5	3	12
U. del Bio Bio	325	0	11	0	259	6	9	5	4
U. Tarapacá	205	1	37	0	275	0	nd	nd	0

(1) CRUCH en JCE (2) CRUCH-2008 y CNA-2008 (3) WEB OF SCIENCE-UCN (4) FONDECYT aprobados 2009 (5) CONICYT (6) INNOVA (7) INAPI nd: no disponible

ACADÉMICOS UNIVERSITARIOS. Este es un factor clave dado que las universidades son responsables de la formación de las nuevas generaciones de profesionales y doctores que ejecutarán las políticas de innovación y son responsables de gran parte de la actividad de investigación y desarrollo.

De acuerdo con el Anuario Estadístico CRUCH-2008, el número de académicos pertenecientes a las universidades del Consejo de Rectores fue de 23.366 (correspondiente a 13.695 JCE), de los cuales 6.014 tienen grado de magister (correspondiente a 3.969 JCE) y 5.177 doctorado (correspondiente a 4.411 JCE). Los académicos con postgrado se concentran en seis universidades del sistema.

2.3. *Fortalecimiento centros de investigación*

CONICYT ha incentivado la creación y consolidación de centros de ciencia y tecnología. Este trabajo, al cual se han asignado importantes recursos, se realiza en conjunto con las universidades teniendo un significativo impacto en el desarrollo científico del país. Ello incluye Centros FONDAF y Centros Científicos de Financiamiento Basal. De estos proyectos nueve corresponden a iniciativas lideradas por la Universidad de Chile, cuatro por la Universidad de Concepción y tres por la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los Institutos Científico Milenio creados por la iniciativa del mismo nombre, dependiente del Ministerio de Planificación, representan iniciativas similares. Existen tres institutos pertenecientes a la Universidad de Chile y uno perteneciente a la Pontificia Universidad Católica en conjunto con la Universidad Andrés Bello.

Además, cabe mencionar a los Centros Regionales que han sido creados con el objetivo de que cada región cuente con capacidades de excelencia en ciencia y tecnología, abordando temas de interés regional. En la actualidad existen diez de estos centros, todos con la participación activa de la mayoría de las universidades regionales.

2.4. *Consortios tecnológicos*

En los últimos años la relación universidad-empresa se ha visto fortalecida por la creación de los consorcios tecnológicos de investigación, orientados a temas relevantes para el desarrollo del país. Su creación ha obedecido a un esfuerzo conjunto de CONICYT, INNOVA y FIA. Existen en la actualidad 24 consorcios, todos con participación activa de las principales universidades del país.

2.5. *Incubadoras universitarias*

Como elementos relevantes en materia de emprendimiento, las universidades han creado incubadoras de negocios destinadas a estimular la creación de empresas basadas fundamentalmente en resultados de I&D. Estas iniciativas han sido impulsadas principalmente por INNOVA. En la actualidad 15 incubadoras pertenecientes a universidades están distribuidas en diversas regiones.

2.6. *Producción científica*

El país ha experimentado un aumento sostenido y significativo del número de publicaciones ISI, pasando de 2.015 en el año 2000 a 4.374 en el año 2008. Para este último año la tasa aproximada es de 26 publicaciones por cada cien mil habitantes. Aproximadamente el 80% de las publicaciones fueron generadas por seis universidades.

El número de publicaciones ISI de las universidades pertenecientes a CRUCH experimentaron un considerable aumento. El número de publicaciones en el 2008 fue 2,64 veces mayor comparado con el número de publicaciones en el 2000.

Estos resultados son consecuencia de las políticas de fomento a la investigación en los últimos años.

2.7. *Patentes*

Históricamente el país no ha tenido una política activa de patentamiento. Las concesiones en Chile son preferentemente alcanzadas por extranjeros.

Durante el periodo 1995-2007, el total de solicitudes de patentes de invención presentadas por las universidades que ocupan los diez primeros lugares, en el periodo indicado, alcanza a 259, lo cual constituye el 89% del total presentado -291- por el conjunto de las universidades del país.

El promedio general de solicitudes de patentes presentadas por cada universidad del país, en el periodo 1995-2007, alcanza a 11 en tanto que dicho promedio sube a más del doble (26), para aquéllas que ocupan los diez primeros lugares.

La presentación de solicitudes de patentes por las universidades del país es bastante concentrada. La universidad que lidera la presentación de solicitudes -Universidad de Concepción- presentó el 26.5% del total, y las tres primeras explican el 57,5%.

Las universidades más activas en investigación han creado oficinas de propiedad industrial. La reciente creación del Instituto de Propiedad Industrial (INAPI) contribuirá a mejorar la actual situación.

3. *El rol de la universidades en la formación de investigadores*

3.1. *Estudios de postgrado*

MATRÍCULA. En el año 2008 se registró una oferta de 1.080 programas de posgrado en Chile, de los cuales 132 correspondieron a doctorado, 726 a magíster y 222 a especialidades médicas y odontológicas, de acuerdo a la siguiente distribución por área de conocimiento: salud (302), administración y comercio (136), ciencias sociales (128), educación (125), ciencias (110), humanidades (70), tecnología (86), recursos naturales (54), derecho (38) y, arte y arquitectura (31).

GRADUADOS DOCTORADO. De acuerdo a CRUCH, en el año 2008 el total de graduados en programas de doctorado fue 352. La distribución según áreas del conocimiento fue la siguiente: ciencias naturales y matemáticas (168), tecnología (52),

humanidades (42), salud (35), agropecuaria y ciencias del mar (28), educación (15), ciencias sociales (11) y derecho (1).

El CNIC plantea que el país debe aumentar el número de PhD en ciencias e ingeniería, recursos fundamentales para el desarrollo tanto de actividades de I+D en la academia como de aplicación para la innovación en las empresas. La política de innovación busca alcanzar 33.712 investigadores en el año 2011 y superar los 50.000 en el año 2021; lo que significaría aumentar en varias veces los actuales graduados anuales.

3.2. *Becas*

De acuerdo con CONICYT entre 2005 y 2008, las nuevas becas para estudios de doctorado en Chile pasaron de 221 a 521, lo que representa un incremento de 136%, mientras las becas para la realización de estudios de Magíster en Chile aumentaron en un 525%, pasando de 20 a 125 nuevas becas. Adicionalmente, en 2008 CONICYT entregó 497 nuevas becas complementarias para estudiantes de doctorado en Chile, destinadas a apoyar realizaciones de tesis, términos de tesis, y asistencias a cursos cortos y congresos, entre otras acciones.

Por su parte, entre 2005 y 2008, el número de becas de doctorado en el extranjero creció 667%, con el apoyo de nuevos convenios internacionales, que han facilitado el acceso de estudiantes chilenos a las respectivas universidades en el exterior, y más recientemente, con la creación del Sistema Bicentenario Becas Chile.

El caso de Colombia

Eduardo Aldana Valdes

Resumen ejecutivo

1. *Antecedentes*

Para explicar el papel de la universidad colombiana actual en el desarrollo científico y tecnológico del país es necesario describir su surgimiento y evolución en la segunda mitad del siglo XX. En este periodo Colombia logra construir un sistema de educación superior masivo, pero segmentado en términos de calidad, concentrado en las cinco ciudades más grandes del país y en estudiantes provenientes de las clases socioeconómicas medias y altas. Las universidades más desarrolladas y algunos centros de desarrollo tecnológico asumieron, bajo la orientación de Colciencias, las funciones de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, SNCT, especialmente en las dos últimas décadas de ese siglo. Sin embargo, el conjunto institucional ha carecido de componentes críticos que le permitan funcionar como un sistema nacional de innovación y contribuir de esta manera a la competitividad de la nación. Esos componentes consisten en las relaciones entre diversos actores del sistema y las instituciones, o reglas del juego formales e informales, que favorezcan esas interrelaciones. Entre ellas, falta una cultura que incorpore la ciencia y la tecnología a la vida cotidiana. Santiago Ramón y Cajal, Premio Nobel en Medicina y Fisiología en 1906, destacaba esta debilidad de la España de principios del siglo XX cuando afirmaba que «Al carro de la cultura española le falta la rueda de la ciencia». El desafío radica, entonces, en llevar a las grandes mayorías de los colombianos una educación superior transformadora, incluyente y pertinente que los habilite para participar en la producción de conocimiento .

2. *Las universidades como parte del sistema nacional de innovación*

Con el fin de promover la calidad en las entidades de educación superior, desde finales del siglo pasado el Ministerio de Educación Nacional, MEN, establece la acreditación de programas, la fortalece a lo largo de la presente década y la complementa con la acreditación institucional. Por su parte, Colciencias inicia las convocatorias a los grupos de investigación que, durante los pasados ocho años, se consolidan y hacen visibles a los investigadores nacionales. Cinco universidades empiezan a destacarse en términos de acreditación de programas y registro de grupos de investigación: La Nacional de Colombia, Antioquia, los Andes, el Valle y Javeriana. Le sigue, un poco detrás, otro grupo compuesto por las universidades del Cauca, del Norte, Industrial de Santander, Pontificia Bolivariana y Tecnológica de Pereira, seguido de cerca por Caldas, EAFIT, Externado y Rosario.

La creación de los Centros de Investigación de Excelencia focaliza la investigación de cada uno de ellos en «un área científica y tecnológica considerada como estratégica para el país» y unir alrededor de un propósito común a grupos destacados de investigadores de varias entidades.

Para avanzar hacia un verdadero sistema nacional de innovación y fortalecer el SNCT, se crea, mediante la Ley 1286 de 2009 el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, SNCTI, bajo la rectoría de Colciencias, fortalecida y transformada en un Departamento Administrativo, adscrito a la Presidencia de la República.

Los cambios anteriores y el fortalecimiento logrado por las universidades con acreditación institucional y grupos de investigación consolidados, y los CENI indican que el SNCTI ha tenido un despegue oportuno. Sin embargo, su éxito dependerá de su capacidad para orientar y fortalecer sus componentes, especialmente aquellas entidades que han empezado a producir conocimiento universalmente nuevo y socialmente útil. Su gran reto, es desarrollar las articulaciones de que carece, como ya se dijo, y especialmente la conexión funcional entre la «oferta de conocimiento» (SNCT) y la «demanda por conocimiento» (Sistema productivo). Sin estas articulaciones funcionales su existencia continuará siendo precaria, dado que la viabilidad de los sistemas radica en las relaciones entre sus componentes y no en los componentes per se. Otro reto es el de superar la inequidad regional y social resultante de la concentración del SNCT en unas pocas ciudades – siguiendo las dinámicas sociales y políticas del desarrollo territorial del país – y de un sistema universitario que no ha logrado ofrecer a los pobres la oportunidad de acceder a los conocimientos que constituyen hoy en día el factor de producción más importante.

El monto de los recursos para el financiamiento de la investigación y el Desarrollo, I+D, no es el adecuado (0,16% del PIB) ni ha crecido a las tasas que recomiendan los expertos, pero hay indicios positivos sobre su desenvolvimiento futuro: la creación del SNCTI, las mejores prácticas en las relaciones entre las universidades y las empresas y la preocupación del gobierno y los empresarios por la competitividad de la economía colombiana que llevó a la creación del Consejo Nacional de Competitividad y el Consejo Privado de Competitividad, entre otros.

Sin embargo es conveniente considerar, como hipótesis, que la materialización de esos recursos requiere un sistema de innovación del país que continúe en la senda de «ganarse el corazón y la mente» de las grandes masas de la población colombiana. En consecuencia, sería indispensable enfocar las actividades de investigación, desarrollo e innovación en problemas del mundo real hondamente reconocidos por la población colombiana, en contraste con aquellos valorados por los pocos expertos en una disciplina en particular.

3. *El rol de las universidades en la creación de conocimiento*

El número de investigadores activos, tanto en las universidades como en los otros centros de investigación, ha crecido considerablemente. Así, por ejemplo, en las universidades su número pasó de 2.888 en 2000 a 8.871 en 2007. Aunque el fenómeno parece obedecer más al registro de investigadores en las convocatorias de Colciencias que a un aumento real, no hay duda de que esta visibilidad de la ciencia ha permitido orientar mejor las políticas de fomento a la investigación y apreciar el producto de estas actividades.

En publicaciones científicas, la base de datos SCOPUS indica que el número de artículos publicados por investigadores residentes en el país pasó de 639 en 2000 a 1518 en 2007 (Tasa anual promedio del 13%). Esto ha permitido que la partici-

pación de las publicaciones de los investigadores residentes en Colombia en el total mundial pase del 0,074% al 0,094 en el periodo 2000-2007 . La producción es aún muy reducida pero el incremento es significativo.

En contraste, la producción de patentes es de solamente el 0,3% de América Latina y el Caribe. Esta debilidad aparentemente endémica, comparada con el fortalecimiento en la producción de publicaciones científicas, sugiere la urgencia de preguntar y responder: ¿Cuál podría ser un modelo nacional de gestión del conocimiento para la innovación a partir de la situación actual del país? Ciertamente, el actual no parece eficaz.

4. *El rol de las universidades en la formación de investigadores*

Si se acepta que la formación de investigadores se realiza a través de programas de postgrado de nivel doctoral, el esfuerzo de Colombia en estos primeros años del Siglo XXI es notable. En ese periodo se crearon más de la mitad de los 76 programas existentes y se quintuplicó la matrícula de estudiantes para superar los 1.500. Sin embargo, no es clara la relación entre la distribución de programas y estudiantes por áreas del conocimiento y las necesidades del desarrollo socioeconómico del país.

Las dos entidades centrales en el financiamiento de estudiantes de postgrado en el país y en el exterior son Colciencias y Colfuturo. Ambas entidades han aumentado considerablemente sus esfuerzos en este campo y es de esperar que el número de estudiantes de doctorado financiados anualmente se triplique para superar los seiscientos.

El número de graduados en estos programas en el periodo 2000-2008 supera los quinientos. Es un número reducido para las necesidades colombianas pero ha servido para fortalecer la investigación y la enseñanza de postgrado en un número importante de universidades, entre las cuales se destacan con más de 100 estudiantes de doctorado, cada una, la Nacional de Colombia, Antioquia, Valle, Andes y Javeriana, y con más de 50 estudiantes, cada una, la de Manizales, Pontificia Bolivariana, Industrial de Santander y Pedagógica Nacional .

Es importante que el país conserve celosamente el nivel de estudios de doctorado para las universidades que cumplen con rigurosos criterios de idoneidad científica y calidad integral. Los estudios de doctorado son un símbolo de prestigio y varias universidades los querrán establecer, así no cuenten con las competencias para hacerlo. Para evitar esta situación es necesario que cada universidad sea consciente, no sólo de los beneficios de ofrecer programas doctorales, sino también de su costo y obligaciones: abrir sus programas docentes y los resultados de su investigación científica al escrutinio de la comunidad académica nacional e internacional, colocar a sus profesores a la par de los mejores del mundo y demostrar que es capaz de atraer a los mejores estudiantes del país y, ojalá, de su región.

El caso de Cuba

Jaime Sánchez Mariñez
Jorge Núñez
Luis Félix Montalvo
Aurora Fernández
Isarelis Pérez

Resumen Ejecutivo

1. *Las Universidades como parte del Sistema Nacional de Investigación en Cuba*

a) *El Sistema Nacional de Innovación en Cuba*

El Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica (SCIT) es, en lo formal, altamente articulado y responde a una planificación central fundamentada en la Política de Ciencia y Tecnología (PCT), en la que juega un rol central el CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente), junto a los demás organismos de la administración del Estado (ministerios e institutos nacionales), que plantean demandas a la PCT y contribuyen a su implementación con los 117 Centros de investigaciones subordinados a ellos. En el SCIT se articulan también todas las entidades de ciencia y tecnología (ECIT) incluyendo 64 instituciones de educación superior (IES) y unos 211 centros de investigación, centros de servicios científico-tecnológicos y unidades de desarrollo científico-tecnológico, las empresas y 14 polos científico-productivos. Estos últimos constituyen instrumentos de coordinación e integración para vincular de la forma más eficiente los resultados de las ECIT con las necesidades del sector productor de bienes y servicios. Forman también parte del SCIT las instituciones financieras y un conjunto de movimientos sociales (Fórum de Ciencia y Técnica, Asociación Nacional de Innovadores y Racionalizadores y las Brigadas Técnicas Juveniles).

Desde 1994 se ha producido un giro que enfatiza la innovación y la «introducción de resultados», lo que ha llevado a favorecer el financiamiento por proyectos con relación al financiamiento institucional. Para esto se ha creado un Sistema de Programas y Proyectos (SPP), apoyado por el Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados (GEPPOP) del CITMA. Se privilegia a proyectos que resulten en el desarrollo de productos con logros económicos tangibles. Se han creado también instituciones de interface denominadas Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación y también mecanismos de financiamiento específicos para el desarrollo de productos con capacidad de generar ingresos económicos.

En esta nueva etapa, como en las anteriores, las IES cubanas han jugado un papel muy importante. La presencia de las universidades en la actividad científica nacional revela en que alrededor del 43% de sus proyectos de investigación participan directamente de las principales prioridades del país organizadas a través de los Programas Científico Técnicos Nacionales, Ramales y Territoriales.

En Cuba no todas las IES están adscritas al Ministerio de Educación Superior (MES). De un total de 64 IES, 17 están adscritas al MES. Las restantes lo están al Ministerio de Educación, al Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación, al Ministerio de Salud Pública, al Ministerio de Cultura y a los ministerios de Defensa.

Merecen especial consideración las 17 IES directamente vinculadas al MES: la Universidad de La Habana (UH), el Instituto Superior Politécnico José Antonio

Echeverría (ISPJAE), la Universidad Central de Las Villas (UCL), la Universidad de Ciego de Avila (UNICA), la Universidad de Camagüey (UC), Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (UMCC), Universidad de Cienfuegos (UCF), Universidad de Holguín (UHOL), la Universidad de Oriente (UO), la Universidad de Pinar del Río (UPR), la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), el Centro Universitario de la Isla de la Juventud (CUIJ), la Universidad de Granma (UDG), el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), el Centro Universitario de Las Tunas (CULT), el Centro Universitario de Sancti Spiritus y el Centro Universitario de Guantánamo (CUG). Hay también institutos de investigación adscritos directamente al MES, siendo los principales el Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, el Instituto Nacional de Ciencia Agrícola, el Instituto de Ciencia Animal.

Las IES del MES obtienen más del 50 % de los premios anuales que otorga la Academia de Ciencias de Cuba (ACC) a las principales contribuciones científicas del país, son responsables de más del 50% de los artículos cubanos registrados en el Science Citation Index, además de las publicaciones en las 39 revistas científicas de los centros del MES; forman más del 50% de los doctores en ciencias y, en general, alrededor de 400 doctores de poco más de 500 por año que forma el país; también obtienen alrededor del 20% de los premios asociados fundamentalmente a la innovación que otorga el país por vía de CITMA y en este último rubro registran cuatro medallas de oro de la Organización Mundial de la Propiedad Industrial

b) *Inversión en I + D en Cuba*

Desde 2006 los gastos totales en ACT e I+D como por ciento del PIB experimentaron tendencias diferenciadas. Se ha pasado de un gasto en ACT de 385.6 millones de dólares (0,69 del PIB) en 2006, a 503MM (0.80% del PIB) en 2008, mientras que en I+D se ha ido de 232.8MM (0.69% del PIB) en 2006 a 304.4MM (0.49% del PIB). Así, no se alcanza el valor deseable del 1% que es parte de la estrategia nacional de desarrollo de Cuba. Analizando gasto en ACT y en I+D por tipos de investigación se observa que en el período 2000 a 2008, alrededor del 90% de los gastos se concentran en la investigación aplicada y desarrollo experimental, mientras que aproximadamente el 10% se dedica a la investigación básica, en correspondencia con el enfoque de la PCT asumido desde mitad de los 90's.

2. *El rol de las universidades en la creación de conocimientos*

a) *Recursos humanos para I + D*

Las estadísticas sobre investigadores muestran el peso relativo de los investigadores en la PEA: entre 2000 y 2007, Cuba, con más de 5 mil investigadores, mantuvo cifras por encima de 1.00, superiores a las de países como Colombia (0.57), Ecuador (0.28) y Venezuela (0.42), aunque por debajo del promedio para América Latina y el Caribe, que en 2007 fue de 1.96 en términos de personas físicas por mil integrantes de la PEA –al registrar Cuba 1.07 ese año. (RICYT 2009).

En las IES adscritas al MES investigan unos 5,807 docentes, de los cuales 620 tienen estatus de profesores investigadores.

b) *Producción científica*

Al analizar los datos de las publicaciones científicas originadas en Cuba a partir de los datos ofrecidos por la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT) para el periodo 2000-2006, se observa estabilidad en la producción general cubana según se expresa en el número de publicaciones indizadas en Science Citation Index y en PASCAL, tanto en términos absolutos como en términos de porcentaje del total mundial de publicaciones. Si se toma como base el número de publicaciones en COMPENDEX, el cual se encuentra más claramente sesgado hacia publicaciones en ingenierías y tecnologías, hay una tendencia moderada al aumento, al pasar de 79 registros en 2000 a 147 en 2006 (con un pico de 172 en 2005). No se observan variaciones significativas en términos de indicadores tales como publicaciones en relación al PIB, por gasto en I+D ni por número de investigadores.

Al consultar las publicaciones cubanas indizadas por Scopus en el periodo 2000-2007 se constata una tendencia al aumento, desde 824 en 2000, a 1,097 en 2009 (manteniéndose por encima de 1,000 publicaciones desde 2005).

Haciendo una aproximación en términos del número de publicaciones de las instituciones de educación superior adscritas al MES, según datos compilados por este Ministerio para el periodo 2004-2008, puede observarse, por otro lado, una tendencia moderada, pero sostenida, al aumento en el número de publicaciones totales, tanto en Cuba como en el extranjero. Lo mismo puede decirse, aunque con una tendencia atenuada, en términos de las publicaciones en revistas referenciadas en bases de datos de prestigio internacional y en publicaciones indizadas en el Web de la Ciencia (SCI).

c) *Producción tecnológica*

Examinando la producción tecnológica cubana sobre la base del número de patentes solicitadas y otorgadas, la tendencia observada no es favorable a la eficiencia y eficacia del SCIT cubano, por cuanto el número de patentes solicitadas y otorgadas tiende a disminuir en el periodo 2000-2008. En efecto, mientras el número de patentes solicitadas en 2000 suma 309, en 2008 fue de 212. Más importante, la Tasa de Dependencia tiende a aumentar en el periodo, al pasar de 1.07 en 2000 a 2.79 en 2008, mientras el Coeficiente de Invención disminuye, pasando de coeficientes mayores a 1 en el periodo 2000-2005 (con un pico de 1.39 en 2002), a coeficientes menores a 1 en el periodo 2005-2008 (con 0.50 en 2008).

En términos comparativos, Cuba ocupa un lugar intermedio alto, en la región de América Latina y el Caribe, en términos de Coeficiente de Invención, detrás de países como Brasil, Argentina, Chile y Uruguay y similar a México y Venezuela.

Si observamos, por otra parte, el número de patentes otorgadas como resultado de solicitudes de las IES del MES, para los cuales contamos con datos del periodo 2003-2008, constatamos éstas juegan un papel determinante en el número

de patentes otorgadas a residentes cubanos, si bien el número de patentes otorgadas disminuye de un máximo de 39 en 2003 a unas 24 en 2008 (incluyendo patentes obtenidas en el extranjero).

3. *El rol de las universidades en la formación de investigadores*

El país forma anualmente más de 400 doctores. La cifra de doctores titulados en Cuba hasta julio de 2009 era de 10216¹. En el periodo 2000-2008 se formaron 4,016 doctores, de los cuales la mayoría fue en las áreas de Ingenierías y Tecnologías, para un 18.82% del total, seguidos por los de las áreas de Ciencias Sociales (14.94%) y de Ciencias Naturales y Exactas (13.19%). En el periodo 2000-2008 se constata un aumento sostenido en la producción de doctores, al pasar de 291, en 2000, a 600 en 2008. No obstante, son las áreas de Ciencias Agrícolas y de Ciencias Sociales las que dan cuenta de este aumento, por cuanto la formación de doctores en las Ciencias Naturales y Exactas como en las Ingenierías y Tecnologías se muestra bastante estable a lo largo del tiempo.

El doctorado se concibe esencialmente como un proceso de formación de investigadores. Coexisten hoy dos variantes básicas, una más desestructurada e individualizada, centrada en la conducción por el tutor sin la obligación de vencer cursos y otra más grupal que incluye algunos cursos y otras actividades de naturaleza colectiva, siempre bajo la atención del tutor y otros orientadores, favoreciendo su inmersión en redes de cooperación.

En el periodo 2003-2008 los participantes en estudios de maestrías y especialidades pasaron de unos 49 mil en 2003 a cerca de 200 mil en 2008, mientras el número de participantes en estudios doctorales casi se duplico, pasando de 2,942 en 2003 a 5,749 en 2008.

Comparativamente, Cuba ocupa un lugar muy importante en términos de formación de doctores en la región de América Latina y el Caribe, e incluso en Iberoamericana, siendo sólo superada por los países «grandes», es decir, Brasil, España, México y Argentina, como puede constatar en las bases de datos comparativas de RICYT.

La edad promedio de los doctores en Cuba es ligeramente superior a los 50 años. Frente a esto se ha fomentado la creación de programas de formación, orientados preferentemente a los jóvenes. El número de participantes en los grados superiores de postgrado ha ido en aumento. En las IES adscritas al MES junto a sus investigadores, se encuentran 254 jóvenes graduados dedicados fundamentalmente a la investigación («reserva científica») y otros 787 jóvenes («adiestrados laborales») que ejecutan diversas tareas de adiestramiento, incluido un componente de investigación, al término de las cuales se pueden incorporar a trabajar en otras organizaciones.

¹ Las informaciones sobre doctorados fueron ofrecidas por la Comisión Nacional de Grados Científicos de la República de Cuba. Se trata de doctores formados en Cuba después de la Ley de grados Científicos de 1976. La cifra real de doctores que trabajan en Cuba y lo hacen en actividades que aprovechen sus capacidades es inferior a la indicada. Los fenómenos de «brain drain» y «brain waste» mencionados afectan la cifra de doctores disponibles.

4. *Consideraciones Finales*

En general, Cuba ha avanzado en las dos últimas décadas en la construcción de un Sistema de Innovación en el cual la educación superior juega un papel central. Sin desmedro de los aportes de las 64 IES existentes, son las 17 adscritas al MES las que juegan un papel de liderazgo en sus aportes a la PCT Cubana y a su sistema de innovación.

De estas 17 IES, es posible destacar a 5 de ellas. Los profesores Jorge Núñez Jover, Luis Félix Montalvo Arriete, Isarelis Pérez Ones y Aurora Fernández González, integrantes de la Cátedra de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS + I) de la Universidad de La Habana, proponen una clasificación o ranking de centros de educación superior cubanos para el período del 2000 al 2006. Esta clasificación se basa en cinco grandes grupos de indicadores: premios nacionales e internacionales, publicaciones, tesis doctorales, patentes, captación de recursos, impactos económicos, sociales y ambientales, entre otros. De acuerdo a dicho ranking, el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), la Universidad Central de Las Villas (UCLV), la Universidad de La Habana (UH), la Universidad de Cienfuegos (UCF) y la Universidad de Ciego de Ávila (UNICA) figuraron a la cabeza del primer grupo de universidades.

El caso de Ecuador

Washington Macías Peña

Resumen ejecutivo

1. *Las Universidades como parte del Sistema Nacional de Innovación*

a) *Descripción del Sistema Nacional de Innovación*

A partir de la Constitución del 2008 la denominación es «Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales». La coordinación corresponde a la SENACYT que está adscrita a la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES, que actualmente tiene un rol predominante en las políticas del Estado sobre educación superior, ciencia y tecnología. Según SENACYT los actores del Sistema son:

- Ministerios y Secretarías del Estado;
- Entidades que integran el régimen seccional autónomos;
- Universidades y Escuelas Politécnicas públicas y privadas;
- Institutos de Investigación públicos y privados;
- Organizaciones científicas con personería jurídica;
- Empresas públicas, privadas y organismos no gubernamentales;
- Personas naturales o jurídicas que realicen actividades de investigación e innovación.

Los cambios más importantes del Sistema son¹:

- El Sistema que era «manejado» por una Fundación Privada FUNDACYT, pasó a ser coordinado por la SENACYT que pertenece al sector público.
- La aprobación por la SENACYT del documento Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2007).
- La Constitución 2008 que determina la finalidad y ámbito del Sistema, así como la responsabilidad del Estado en la que se incluye el financiamiento y los fondos concursables.
- La creación del Programa de Becas para el desarrollo Nacional del Talento Humano, que financia la formación de Máster, Doctores y postdoctores en las áreas definidas como prioritarias en ciencia y tecnología.
- Las acciones de varios Ministerios a favor de la innovación.

b) *Inversión en I+D*

El PIB del Ecuador en el periodo 2003 – 2007 pasó de 28.600 millones de dólares a 44.489, y en esos mismos años el gasto en I+D+I en porcentaje con relación

¹ La nueva Ley de Educación incluye el deber de las universidades de articular la vida académica con los planes de desarrollo y las políticas de ciencia, tecnología e innovación.

al PIB pasó del 0.07% al 0.23%. En ambos casos es muy inferior al promedio de América Latina, que es de 0.6 %.

La mayor inversión en el Sistema de Innovación en las universidades públicas ocurre con el Parque del Conocimiento de la ESPOL, PARCON, cuya primera fase 2009-2014 tendrá una inversión de 75'000.000 de dólares. El PARCON está articulado a las políticas de SENACYT y SENPLADES y ha recibido el apoyo de ambos organismos.

A partir del 2006 la tendencia es el incremento de la inversión en I+D+I, y según las declaraciones oficiales se ha mantenido en los años 2008, 2009 y se incrementaría en los próximos años, en concordancia con la política de Ciencia y Tecnología, las nuevas metas del Plan Nacional de Desarrollo y los incentivos a las universidades y escuelas politécnicas que trabajan en investigación y formación de talento humano de cuarto nivel; sin embargo, SENACYT reconoce que el 2008 a pesar del «serio avance» este es «insuficiente para la gestión nacional y dentro del contexto continental» (Plan Estratégico).

2. *El Rol de las Universidades en la Creación del Conocimiento*

2.1. *Recursos Humanos para I+D*

Según SENACYT, el número de investigadores (también llamados científicos e ingenieros trabajando en I+D) pasó de 845 en el 2003 a 1.615 en el 2007. De esos investigadores sólo el 7.2% en el 2007 tenían grado de Ph.D. y el 33.9% grado de M.Sc. Se trata de una masa crítica modesta cuantitativamente y es la causa para la poca definición de proyectos. Una de las limitaciones de las universidades es el reducido número de Ph.D. haciendo investigación, como consta en los informes del CONESUP y CONEA (2009). Según CONEA hay 482 Ph.D. y según CONESUP las universidades con el mayor número de Ph.D. son: San Francisco, 84; FLACSO, 69; Andina Simón Bolívar, 56; Escuela Politécnica Nacional, 52; y, ESPOL, 51.

2.2. *Producción Científica*

Según SCOPUS, en Ecuador se han realizado las siguientes cantidades de publicaciones por universidades durante el periodo comprendido entre 1998-2008:

N°	Universidades con publicaciones ecuator	1998-2008
1	Universidad San Francisco de Quito	243
2	Pontificia Universidad Católica del Ecuador	174
3	Escuela Politécnica Nacional	133
4	Escuela Superior Politécnica del Litoral	79
5	Universidad Central del Ecuador	76
6	Universidad de Cuenca	50
7	Universidad de Guayaquil	44
8	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	40
9	Universidad Nacional de Loja	21
10	Universidad Técnica Particular de Loja	17
	Total país	877

Fuente: SCOPUS

2.3. Producción Tecnológica

En el periodo 2000-2007, el Ecuador otorgó 387 patentes a residentes y no residentes. Información desagregada solo hay para el periodo 2000 – 2001 en el cual de 169 patentes otorgadas, 14 corresponden a residentes y 155 a no residentes, lo que revela la muy baja producción tecnológica interna.

Según el informe de la Comisión Técnica del CONESUP, solo 5 universidades registran en total 8 patentes distribuidas así: FLACSO, 3; ESPOL, 2; y, Andina Simón Bolívar, 1.

3. Rol de las Universidades en la Formación de Investigadores

Este es el punto más débil del Sistema de Educación Superior del Ecuador. Sólo 2 universidades, ambas multinacionales y con enfoque en Ciencias Sociales, ofertan programas doctorales: La Andina Simón Bolívar con programas en Administración, Derecho, Historia; y, La FLACSO en Ciencias Políticas.

El CONESUP, recién el 17 de Diciembre del 2007 aprobó el Reglamento de Doctorados. Hasta la fecha ninguna universidad ha presentado un programa.

En cuanto a los programas de maestrías, la casi totalidad son «maestrías profesionales y ejecutivas», carente de investigación y corresponden a administración, negocios y docencia superior.

Los Ph.D. que trabajan en las universidades han sido formados en el exterior por políticas institucionales, aprovechamiento de becas o iniciativas individuales.

Los informes del CONESUP y CONEA (2009) coinciden en que la Función Investigación es la más débil del Sistema de Educación Superior y que la mayoría de las universidades privadas obtuvieron muy baja valoración en investigación. En ambos casos la tendencia se mantendría en los próximos años, sin embargo, hay un grupo de aproximadamente quince universidades, entre públicas y privadas, que están haciendo un importante esfuerzo por dar un salto cualitativo, uno de los pasos que están dando es en relación a la formación de Ph.D.

El caso de España

*Sonia Martínez Arca
F. Javier Sardina
Senén Barro*

Resumen ejecutivo

1. *Las Universidades como parte del Sistema Nacional de Innovación*

Descripción del Sistema Nacional de Innovación

El Sistema Español de Ciencia y Tecnología se desarrolla conjuntamente entre la Administración General del Estado (AGE) y las Comunidades Autónomas (CC. AA.), responsables de la financiación y gestión de las universidades y de los hospitales, dos elementos claves en la generación de conocimiento.

Las universidades son el principal agente de este sistema ya que en ellas se lleva a cabo el grueso de la investigación: aglutinan a casi la mitad del total de investigadores del país, y son responsables del 70% del total de artículos científicos publicados y del 65% del total de citas. Actualmente hay un total de 71 universidades en España: 48 públicas (47 presenciales y 1 virtual), dependientes de los gobiernos de las CC.AA., y 23 privadas (22 presenciales y 1 virtual).

En cuanto a las empresas españolas, tienen también un importante papel en el sistema nacional de innovación, siendo las ejecutoras del 55% del total de los fondos invertidos en I+D y aportando el 45% de los mismos. Estos datos están sin embargo por debajo de la media europea, con un 55% de inversión privada en I+D.

Junto con las universidades y empresas, los principales actores del Sistema Español de Ciencia y Tecnología son los Organismos Públicos de Investigación (OPIS), dependientes de la Administración General del Estado, que absorben alrededor del 25% del total del gasto público en I+D. El principal OPI es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con 132 institutos y centros de investigación propios que abarcan todas las áreas de conocimiento. El segundo OPI en importancia es el Instituto de Salud Carlos III, del que dependen 8 centros y 3 fundaciones relacionados con biomedicina. Otro actor clave es el CDIT, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas. Dependientes también de la AGE, son de destacar, por su importancia para el correcto funcionamiento del sistema español de ciencia y tecnología, las estructuras públicas de evaluación y prospectiva como la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP), cuyos objetivos son: evaluar la calidad científico-técnica de las propuestas que solicitan financiación pública; mejorar la capacidad del sistema público de ciencia y tecnología; y contribuir a que las decisiones de asignación de recursos para I+D+I se realicen sobre la base de criterios de excelencia y calidad científico-técnica, y la Fundación Nacional de Evaluación de la Calidad y la Acreditación (ANECA) que tiene como misión contribuir a la mejora de la calidad del sistema de educación superior, mediante la evaluación, certificación y acreditación de enseñanzas, profesorado e instituciones. Existen además organizaciones de fomento de la I+D como la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Fundación para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica, Genoma España.

Los principales cambios en Sistema Español de Ciencia y Tecnología en los últimos años han sido instrumentales, guiados por la apuesta de las administraciones por el fomento de la investigación en el sector privado, con la puesta en marcha de varios programas para promover la investigación en las empresas, desde grandes proyectos consorciados público-privados hasta ayudas para la contratación de tecnólogos e investigadores en empresas. Otro elemento novedoso que merece también ser destacado es el lanzamiento en 2005 del programa *INGENIO 2010*, una de las estrategias de mayor relevancia y envergadura para el desarrollo de la I+D+I en España que pretende impulsar varios factores de impacto para el desarrollo de la I+D+I, como son la colaboración público-privada y con los centros tecnológicos, la promoción de la excelencia, la optimización y difusión de las tecnologías de la información y las comunicaciones y la explotación de la participación española en el ámbito europeo de investigación dentro del VII Programa Marco.

Inversión en I+D

Desde el año 2000 hasta el 2007 la inversión en I+D en España ha crecido de manera significativa, multiplicándose en valores absolutos por 2,33. Atendiendo al % del PIB este incremento supone pasar del 0,94% en el año 2000 al 1,27% en el 2007, lejos aún sin embargo de la media europea (1,85% del PIB). El grueso de la financiación procede de la administración pública y de las empresas, que juntas suponen más del 90% del total. Aunque en los últimos años se detecta un ligero incremento de la financiación pública y un descenso de la financiación privada, en términos medios cada una supone aproximadamente el 45% del total. Por su parte, la aportación de las Instituciones Privadas sin Fin de Lucro es muy minoritaria y ha decrecido de manera continua desde el año 2000, suponiendo sólo un 0,5% en 2007. En contrapartida, la inversión extranjera, manteniéndose aún en un porcentaje bajo (7% en 2007) muestra una tendencia al alza.

En cuanto a la financiación pública, los principales instrumentos dependen de la Administración General del Estado y han experimentado un notable incremento en los últimos años, pasando de representar el 1,77 % de los Presupuestos Generales del Estado en 2002 al 2,7% en 2008, lo que en términos absolutos supone pasar de una inversión de 5.361 millones de dólares (2002) a 13.329 millones de dólares (2008). De hecho, desde el año 2002, el capítulo dedicado a I+D es uno de los que más ha crecido interanualmente, con una media de crecimiento anual del 16,7%. Esta inversión se estructura en forma de subvenciones o créditos, y en este sentido es de destacar que, en el año 2008, más de la mitad de la inversión se hizo en forma de créditos tanto al sector público como al privado. Existe también financiación por parte de las Comunidades Autónomas, aunque en términos relativos ésta es menor ya que supone aproximadamente un 25% de lo aportado por la AGE, si bien es cierto que existen importantes diferencias entre unas CC.AA. y otras, con % dedicados a I+D, con respecto al Presupuesto de cada Comunidad, que varían entre 0,55% y 3,145%.

Finalmente, una parte muy importante de la financiación de la I+D procede de las propias empresas, que financian globalmente el 45% de la I+D española, lejos aún de la media de la OCDE, con un 63,9% de financiación privada de la I+D, por lo que uno de los esfuerzos del sistema español de innovación se centra precisamente

en potenciar la participación y compromiso de las empresas españolas con la I+D. Conviene destacar no obstante que 21 empresas españolas se encuentran entre las 1000 empresas que más invierten en I+D a nivel mundial.

Los principales ejecutores de la inversión e I+D son las empresas (55%), seguidas de las Universidades (28%) y en menor medida de la administración pública (17%). En el caso de las universidades, la captación de recursos para actividades de I+D ha crecido en términos absolutos de manera importante en los últimos años, con incrementos medios inter-bi-anales del 30%. La tabla adjunta muestra los datos más recientes de las primeras 10 universidades españolas en términos de captación de recursos de I+D

Ranking de Universidades Españolas por Captación de Recursos para actividades de I+D	
Universidad	Datos 2006 (en dólares)
1 Universidad Politécnica de Valencia	103.476.172
2 Universidad Politécnica de Catalunya	95.970.641
3 Universidad de Barcelona	86.641.543
4 Universidad de Sevilla	85.426.421
5 U. De Navarra (Privada)	74.323.376
6 Universidad Autónoma de Madrid	72.336.640
7 Universidad de Santiago de Compostela	68.966.050
8 Universidad del País Vasco	63.348.890
9 Universidad Complutense de Madrid	62.857.687
10 Universidad de Granada	53.998.295

En cuanto a la cooperación al desarrollo promovida desde España, coordinada por la Agencia Española para la Cooperación Internacional y el Desarrollo, la cantidad dedicada ha pasado de un 0,24% del PIB en 2004 al 0,43 en 2008, estando previsto que alcance el 0,7% en 2012.

En términos globales la situación financiera de la I+D española ha experimentado una notable mejoría en la última década, si bien es cierto que seguimos lejos del nivel que nos correspondería en relación a la situación socio-económica global del país. Por tanto, es crucial mantener el ritmo de crecimiento de los últimos años y apostar tanto por la implicación de las administraciones públicas como por el compromiso de las empresa españolas con la I+D. Si se consiguen estos dos puntos, las expectativas son esperanzadoras.

2. *El rol de las Universidades en la creación del conocimiento*

Recursos humanos para I+D

Los Planes Nacionales de I+D+I 2000-2003, 2004-2007 y 2008-2011, así como la inmensa mayoría de los planes análogos elaborados por las Comunidades Autónomas, han considerado el aumento en el número y la calidad de los recursos

humanos dedicados a I+D+I, tanto en el sector público como en el privado, como uno de sus ejes principales de actuación. Los instrumentos básicos de actuación empleados para alcanzar estas metas han sido tres:

1. La formación de personal científico-técnico, tanto en áreas temáticas priorizadas como a nivel general, a través de becas de iniciación a la investigación, becas/contratos predoctorales, becas/contratos posdoctorales y becas/contratos en formación en gestión de la investigación y la innovación.
2. La contratación de doctores y tecnólogos altamente cualificados y de técnicos de apoyo en centros públicos de investigación, empresas y centros tecnológicos.
3. Las acciones de movilidad de doctores y tecnólogos entre entidades españolas y extranjeras.

Esta política estratégica de apoyo al incremento de los recursos humanos dedicados a I+D+I en España ha tenido un éxito claro, como lo refleja el hecho de que, ya a mitad de la década 2000-2010 se hubiesen superado varios de los objetivos marcados en el Plan Nacional 2004-2007. Algunos ejemplos significativos son:

- El objetivo de número de investigadores por mil de población activa para 2005 se marcó en 4,8, alcanzándose, en realidad, la cifra de 5,8 (6 en 2007).
- El objetivo del total de personal empleado en I+D por mil de población activa para 2005 se marcó en 7,2, alcanzándose, en realidad, la cifra de 9 (9,9 en 2007).
- El objetivo de % de investigadores en el sector empresarial para 2005 se fijó en el 27%, alcanzándose, en realidad, el 32% (34,3% en 2007).

En la última década, por tanto, se ha producido un crecimiento apreciable y sostenido tanto en el número de investigadores como en el número total de personas dedicadas a tareas de I+D en España, con tasas de incremento anual que varían entre el 5 y el 11% (con un incremento entre el año 2000 y el 2007 de más de un 50%, pasando de 76.670 investigadores a 122.625). A pesar de este crecimiento continuado la tasa de investigadores % de población activa en España todavía es inferior a la media de los países de la OCDE-25 (6,25 ‰, año 2006), y, muy inferior a la de los países más activos en I+D (EEUU, 9,63 ‰ en 2005; Japón, 11,05 ‰ en 2006).

El lastre de las políticas autárquicas y de desarrollo de sectores poco ligados a la I+D, como el sector primario, la construcción o el turismo, desarrolladas en España hasta la década de 1980, ha tenido como consecuencia que el sistema de I+D español tenga un marcado carácter público, ya que la mayoría de los investigadores y personal de apoyo a tareas de I+D desarrolla su actividad en organismos públicos o en instituciones de enseñanza superior (universidades públicas, en su inmensa mayoría, en España). A pesar de que esta situación se ha mantenido durante toda la primera década del siglo XXI, es de destacar que el peso de los investigadores en las empresas en el panorama español ha crecido desde el 27% (39% del personal total dedicado a tareas de I+D) en el año 2000 hasta el 34% (43,5% del personal total dedicado a tareas de I+D) en el año 2007, aunque este peso aún está lejos del 64% que es el promedio que presentan los países más desarrollados.

Aunque tanto los Planes Nacionales de I+D+I del gobierno central como los análogos de las Comunidades Autónomas han establecido áreas estratégicas de actuación prioritarias, tales como Salud, Biotecnología, Energía y Cambio Climático y Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, entre otras, la distribución de personal de I+D+I por grandes áreas de conocimiento no ha experimentado grandes variaciones en el período 2000-2009. Así, la mayor parte de los investigadores en España se concentran en el área de Ciencias Sociales y Jurídicas (28,5%) y en Técnicas (20,3%), con una proporción ligeramente menor de investigadores trabajando en las áreas de Ciencias Experimentales (18,1%), Ciencias de la Salud (17,7%) y en Humanidades (15,4%).

En lo que a las universidades se refiere, éstas aglutinan al 47% de los investigadores del país, con una distribución territorial muy sesgada por las grandes universidades de Madrid (más de 28.000 investigadores entre las universidades Complutense, Autónoma y Politécnica de Madrid), Cataluña (más de 18.000 investigadores entre las universidades de Barcelona, Autónoma y Politécnica de Cataluña) y Andalucía (más de 16.000 investigadores entre las universidades de Sevilla, Granada y Málaga).

Producción científica

Tanto en términos absolutos como relativos, la producción científica española, medida como artículos publicados en revistas recogidas en las bases de datos del ISI, se ha venido incrementando notablemente durante la última década, pasándose de publicar casi 26.000 artículos en el año 2000 (2,5% del total mundial) a los más de 48.000 del año 2008 (aproximadamente el 3,4% del total mundial), lo que apunta al éxito de las políticas de mayor dotación de recursos humanos y de aumento del gasto en I+D+I descritas anteriormente (puesto 10 a nivel mundial por número de artículos publicados). La tasa promedio de crecimiento anual en el período analizado supera el 8%. Aparentemente, las políticas de internacionalización de la ciencia española han tenido un éxito menos patente, ya que el porcentaje de artículos publicados en colaboración con instituciones extranjeras apenas ha variado en el período estudiado (34% en el año 2000 y 38,3% en el año 2008).

En lo que respecta al impacto de la producción científica española, medida por las citas recibidas por artículo, a nivel mundial España se sitúa en el puesto 11 por el número de citas recibidas en el período 1997-2007, y en el puesto 13 por el número de citas recibidas por artículo en el año 2005 (7,52 citas por artículo).

A pesar de que en España la mayor parte de los investigadores se concentran en las áreas de Ciencias Sociales y Jurídicas y Técnicas, son las áreas de Ciencias Experimentales (42,3% de los artículos publicados en 2008 y 51 % de citas recibidas en el período 2000-2008) y de Ciencias de la Salud (34,4% de los artículos publicados en 2008 y 30% de citas recibidas en el período 2000-2008) las que copan los primeros puestos de producción científica e impacto, seguidas, a cierta distancia, por el área de Técnicas (17,6% de los artículos publicados en 2008 y 12 % de citas recibidas en el período 2000-2008).

En España la fuente de la mayor parte de los artículos publicados en revistas científicas de referencia son las universidades (68,5%), seguidas a gran distancia por los organismos públicos de investigación (12,9%) y el sistema público de salud (17,7%). El peso en el sistema de I+D español de los organismos de investigación sin fin de lucro

es muy reducido (<1%), tanto en número de investigadores como en producción científica, mientras que en el caso de las empresas, se observa una desatención casi total por la producción de ciencia básica y/o de artículos en revistas científicas. El impacto de la producción científica de los distintos agentes de I+D se correlaciona bastante bien con el volumen, aunque se aprecia un mayor impacto relativo de las publicaciones de los organismos públicos de investigación (18,5% de citas recibidas respecto al total español) y del sistema de salud (16,1%) frente a las universidades (64,7%).

Producción tecnológica

En la última década la producción tecnológica española ha aumentado de manera sostenida, tal y como muestra el aumento en el número tanto de patentes solicitadas como concedidas. Pese a ello, en el contexto mundial la contribución española en términos de patentes está lejos de lo que cabría esperar en función de otros indicadores de la actividad científica. Así, aunque España genera algo más del 3% del total mundial de publicaciones científicas sólo produce aproximadamente el 0,4% de las patentes mundiales.

Número de patentes concedidas en España									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Concesiones (Total)	13334	12514	18874	23332	21937	21105	23340	21823	20907
Vía Nacional (Directas)	2190	2210	1303	1910	1981	2661	2107	2603	2202
Vía Europea (Directas y Euro-PCT)	11126	10272	17541	21395	19903	18336	21175	19156	18630
PCT que entran en fase nacional	18	32	30	27	53	108	58	64	75

Número de patentes solicitadas en España								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Solicitudes (Total España)	2523	2763	2804	2864	3027	3098	3244	3599
Incremento interanual		9.5%	1,4%	2,1%	5.6%	2,3%	4,7%	10.9%

La mayoría de las patentes (41%) proceden de empresas, aunque la contribución de particulares es también significativamente alta (40%). Las universidades son responsables del 11% del total de patentes solicitadas, y el resto procede de otros organismo públicos, mayoritariamente el Consejo Superior de Investigaciones científicas, CSIC. Globalmente pues la contribución de lo que podemos considerar todo el sector público (universidades, CSIC y centros tecnológicos) supone sólo un 18,6 % del total de patentes solicitadas en España. Dentro de las universidades hay importantes diferencias, si bien es cierto que en conjunto sus indicadores en términos de protección del conocimiento tienen aún un cierto margen de mejora. Así, las universidades españolas presentan una media de 7,9 solicitudes de patentes por año frente a las 8,7 de media de las universidades europeas. Se detecta sin embargo un grupo de universidades que podríamos considerar especialmente activas en este ámbito, y que ocupan desde hace años las primeras posiciones en cuanto a solicitudes de patentes. La tabla adjunta muestra las cinco primeras universidades según los datos más recientes (2008).

Patentes nacionales solicitadas por las universidades españolas más activas en producción tecnológica y el CSIC									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
CSIC	96	92	108	90	104	109	113	119	159
U. Politécnica de Madrid	17	8	9	11	9	17	21	39	41
U. Politécnica de Catalunya	29	20	23	34	25	36	35	37	32
U. Politécnica de Valencia	22	27	35	22	23	31	21	20	29
U. de Sevilla	4	12	22	25	29	26	18	15	24
U. de Santiago de Compostela	8	8	18	23	21	16	16	12	21

Además de su papel en la creación de conocimiento, las universidades españolas sobresalen también por su actividad emprendedora: cada universidad crea anualmente una media de 2,4 empresas, una cifra superior incluso a la media europea (1,6) y no muy alejada de la media de las universidades estadounidenses (2,9), contribuyendo así al desarrollo tecnológico y a la creación de empleo de alto valor añadido.

El rol de las Universidades en la formación de investigadores

En España las universidades desempeñan el papel primordial en la formación de investigadores, no sólo porque posean en exclusiva la potestad de expedir el título de doctor, sino también porque la inmensa mayoría de los doctores que se gradúan cada año se han formado en los centros de las universidades públicas. Para ello las universidades españolas ofertan anualmente más de 2.600 programas de doctorado, un número que se ha mantenido estable durante la última década. Más del 50% de estos programas se concentran, fundamentalmente, en las áreas de Ciencias Sociales y Jurídicas (30,3) y Humanidades (21,9%); las disciplinas más tradicionalmente asociadas con la I+D+I, como Técnicas (18,9%), Ciencias Experimentales (16%) y Ciencias de la Salud (12,9%) ofertan algo menos de la mitad de los programas de doctorado españoles.

En España la acreditación de los programas de doctorado es una de las misiones de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y la Acreditación (ANECA), ya mencionada anteriormente. El 25% de los programas de doctorado españoles cuenta con la acreditación de la ANECA, aunque debe señalarse que el sistema de acreditación es voluntario, y las universidades someten anualmente a la agencia sólo aquellos programas para los que desean acreditación.

El número de estudiantes matriculados en el doctorado en España ha fluctuado sensiblemente en la última década, incrementándose desde los 61.000 el año 2001 hasta los 71.500 el año 2005, para volver a disminuir hasta los 66.500 el año 2007. Ciencias Sociales y Jurídicas resulta ser el área que cuenta con más doctorandos (29,3%), seguida de Ciencias de la Salud (20,5%), Humanidades (19,9%), Técnicas (17,1%) y, a mayor distancia, Ciencias Experimentales (13,3%). El porcentaje de alumnos de doctorado extranjeros en España es del 17,3% del total. En lo que se refiere a su origen geográfico, el 28,6% proviene de Europa, mientras que el 71,4% proviene del resto del mundo, mayoritariamente Iberoamérica y el Norte de África.

El apoyo de los Planes Nacionales de I+D+I del gobierno central, y de los análogos de las Comunidades Autónomas, a la formación de investigadores se plasma en varios programas que anualmente reparten alrededor de 7.500 becas/contratos predoctorales entre los aspirantes al doctorado. Desafortunadamente, este número de becas/contratos predoctorales sólo ha aumentado aproximadamente un 10% en el período 2003-2007, lo que ha tenido como resultado un estancamiento en el número de tesis leídas anualmente en España en alrededor de las 7.200, una cifra relativamente baja comparada con los 150.000 egresados anuales de las universidades españolas.

Por universidades, sorprende que la mayor oferta de programas de doctorado corresponde a las universidades de Andalucía, seguidas de las de Madrid (sobre todo la Complutense) y Cataluña (por este orden), mientras que las mayores capacidades de captación de doctorandos, becas/contratos predoctorales y de producción de doctores se dan en las universidades de Madrid y Cataluña.

Conclusiones

En líneas generales los datos de los últimos años muestran una importante mejora en los indicadores de referencia de ciencia y tecnología en España: se invierte más dinero en I+D, tanto en términos absolutos como en % del PIB, hay más capital humano trabajando en investigación y se publican más artículos, tanto en términos absolutos como en % del total mundial. Dicho esto, es también cierto que queda un importante camino por recorrer, en el que será decisiva la apuesta de las administraciones públicas a través de un compromiso estable con una mayor financiación de la I+D+I, y la respuesta de todo el personal investigador. Así, uno de los indicadores que España debe mejorar, con el esfuerzo de todos, es el número de patentes solicitadas, ya que aun habiendo mejorado mucho en los últimos años la cifra de 29,3 patentes por millón de habitantes se mantiene a la cola europea, por debajo de un nivel que podría entenderse como aceptable, y muy alejado de la media europea (105,7). Esto demuestra que la innovación se adquiere, principalmente, ya patentada, lo que constituye uno de los principales déficits de la economía española.

Globalmente, y considerando que España está todavía en una etapa de crecimiento, la situación de su sistema de innovación es esperanzadora, pero es crucial que el crecimiento experimentado en los últimos años se mantenga, ya que en términos de inversión en I+D, España aún continúa posicionada en niveles inferiores a la media de la UE y por debajo de lo que correspondería a su nivel relativo de renta *per cápita*.

Fuentes consultadas: Informe Red OTRI 2008, Informe Red Proton 2008, Memorias de Actividades del MEC 2000-2007

El caso de México

Sergio Martínez Romo

Resumen ejecutivo

Constitución del Sistema Nacional de Investigación y Desarrollo

El establecimiento del Sistema Nacional de Investigación y Desarrollo inició en 1970 con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), organismo descentralizado del Estado para estimular la investigación y los mecanismos nacionales de coordinación de estas actividades entre las universidades, los institutos nacionales y otras dependencias educativas, privadas y de gobierno. Central en sus atribuciones ha sido la regulación de fondos financieros para lograr sus metas y objetivos. Para esto, se coordina en forma especial con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, además de las de Educación, Relaciones Exteriores, y otras seis que tienen que ver con su ámbito de competencia.

El cambio a la Ley General de Ciencia y Tecnología en 2002, avaló la creación del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (CGICyDT) como órgano de política y coordinación nacional del Sistema, presidido por el Presidente de la República, del cual es Secretario Ejecutivo el Director General del CONACYT y Consejero el Coordinador del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT), creado por la misma Ley. Participan también como consejeros nueve Secretarios de Estado y cuatro consejeros elegidos a título personal por el Presidente de la República.

El Foro Consultivo es el órgano autónomo permanente de consulta del Poder Ejecutivo Federal, del Consejo General (CGICyDT) del Sistema, y de la Junta de Gobierno del CONACYT. Es asesor del Congreso de la Unión y del Consejo de la Judicatura Federal, los otros dos poderes de la República.

La Mesa Directiva del Foro se integra con los representantes de 14 universidades, instituciones de investigación y órganos empresariales, y 3 del Sistema Nacional de Investigadores elegidos por sus miembros. A saber: Academia de Ingeniería, Academia Mexicana de Ciencias, Academia Nacional de Medicina, Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico (ADIAT), Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN), Consejo Nacional Agropecuario, un representante de la Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), Academia Mexicana de la Lengua, Academia Mexicana de Historia y Consejo Mexicano de Ciencias Sociales.

Son tres conjuntos de instituciones la base del sistema, los Institutos Nacionales de Investigación, las Institutos y Centros de Investigación de las Universidades, sobre todo UNAM, y los Centros Públicos de Investigación. El primero son 17 institutos distribuidos en áreas de Energía, Agricultura, Salud y Economía. El segundo en divisiones de Ciencias, Ciencias Sociales y Humanidades, Ingeniería, y Tecnología. El tercer conjunto, creado a partir de los años ochenta, agrupa a 27

CPIs en Ciencias Exactas y Naturales, Desarrollo e Innovación Tecnológica y Ciencias Sociales y Humanidades.

Son dos los mecanismos organizacionales que articulan al Sistema, uno de coordinación que comprende al Consejo y al Foro y que se describen párrafos arriba, y otro que integra y que comprende al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) que acredita investigadores, el Padrón de Posgrados de Excelencia que acredita los programas de formación de investigadores, y los Fondos Mixtos y Sectoriales que regulan el financiamiento a la investigación.

Otro cambio observable en la década reciente es el incremento relativo de las actividades de investigación tecnológica y aplicada, y la creciente participación del sector empresarial en esta investigación y su financiamiento (hasta alrededor del 70%). La expansión de los Centros Públicos de Investigación hasta 27 Estados en esta década, contribuye también a la investigación y desarrollo tecnológico que también se priorizó desde la creación del CINVESTAV en 1961, y a la vinculación con el sector empresarial. Finalmente la creación de los Fondos Mixtos y Sectoriales para estabilizar el financiamiento a la investigación. En aparente sentido contrario, se observa disminución relativa de la contribución gubernamental a la investigación (de 70% a algo más del 40% aproximadamente) y el porcentaje de este financiamiento en su relación con el PIB que, junto con el Argentina son de los más bajos (menos del .46%) en América Latina.

Producción de conocimiento, universidad y recursos humanos

El alto número de investigadores formados a la fecha, contrasta con el aún bajo número de patentes obtenidas y la también baja contribución relativa del país al número de publicaciones científicas internacionales y citas de impacto. Si bien la diferencia entre patentes solicitadas y obtenidas disminuyó, la situación contrasta con el número de patentes que obtienen los investigadores extranjeros en México ante las que obtienen los nacionales. Los datos disponibles no permiten analizar si en ello influye la participación de las multinacionales en el rubro de participación de los empresarios y las que en ese espacio pudiesen obtenerse.

En forma paralela a estos indicadores de producción del conocimiento y de impacto, el equilibrio relativo en las actividades de investigación que el incremento en I&D parece haber logrado y los altos logros de acreditación del Padrón Nacional de Posgrado y la graduación de doctores entrenados, enfrentan el reto de incrementar el número de éstos con calidad y competencia de nivel internacional. La mejora de estos reflejará un aumento de jóvenes investigadores y de mujeres según se observa en el perfil de edad y el nivel de los investigadores del Sistema y en el aumento en el número de mujeres en investigación en las áreas de Ingeniería y Biotecnología que, a su vez, han incrementado su participación relativa.

La contribución de la Universidad Nacional (UNAM) en el establecimiento del SNID es observable y refleja la segmentación del sistema y la concentración de recursos (OCDE, 2009); la UNAM cuenta con más del 40% de los investigadores reconocidos por el SNI y, junto con la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el IPN, el CINVESTAV y los CPIs, concentran a más del 75% de los integrantes del SNI. El aumento de las actividades en I&D es también asociable a que el 92% de los

investigadores del CINVESTAV y el 80% de los de los CPIs pertenezcan al SNI. Estas nuevas condiciones aunadas a su modelo descentralizado de evolución, enfrentan el reto y la oportunidad de mejorar los indicadores de publicaciones científicas, patentes de desarrollo tecnológico y las citas de impacto, y la de mantener un equilibrio de investigación entre las áreas de Ciencias Básicas, Sociales y Humanidades, e Ingeniería y Desarrollo Tecnológico.

La tendencia de descentralización que marcan los Centros Públicos de Investigación y las Unidades del CINVESTAV, diversifican los núcleos de investigadores en más regiones del país, y tienen tanto el reto de la inercia de segmentación del Sistema, como la oportunidad de establecer redes efectivas de comunicación nacional e internacional incorporables a los Comités y Sub-Comités de Trabajo del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, como espacio de participación de los académicos y los empresarios en el diseño de la política y planes de investigación y la operación del SNID, para enfrentar con eficacia la tensión entre la retórica de lo político y lo técnico profesional de las políticas públicas en investigación y desarrollo (OECD 2009. Martínez 1992).

El caso de Paraguay

Norma Verónica Morales
Haydee Giménez Rojas de Peña
María del Rocío Robledo Yugeros

Resumen ejecutivo

El Paraguay cuenta con un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), integrado por el conjunto de organismos, instituciones nacionales públicas y privadas, personas físicas y jurídicas dedicadas o relacionadas a las actividades científicas, tecnológicas y de innovación. La coordinación, orientación y evaluación general del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Sistema Nacional de Calidad está a cargo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), organizado como una institución pública autárquica, de composición mixta, dependiente de la Presidencia de la República.

En cuanto al entorno universitario comprende 48 universidades y 31 institutos superiores, que otorgan títulos universitarios. Del total de universidades existentes, siete son públicas y cuarenta y dos son privadas. Las Universidades públicas creadas están ubicadas geográficamente en las regiones con mayor desarrollo en el país.

De las instituciones universitarias que cuentan con actividades institucionalizadas de I+D en Paraguay, se distinguen la Universidad Nacional de Asunción y la Universidad Católica «Nuestra Señora de la Asunción».

Además se registran actividades de I+D en otras organizaciones, como las organizaciones de la sociedad civil y el ámbito público, a través de los Ministerios de Agricultura y Ganadería y más recientemente, Salud

El Sector Tecnológico de Paraguay y las estructuras de interfaz, tal vez sean los menos desarrollados, concentrado en servicios y control de calidad, direccionados en su mayoría al sector agropecuario.

Con esta incipiente complejidad y participación, el Sistema Nacional de Innovación del Paraguay ha presentado cambios en la última década, mayormente en el fortalecimiento institucional del órgano oficial y en la articulación de los actores, resultando en la generación de incentivos financieros y de participación para el sector solo desde hace dos años.

En este sentido, la participación de las universidades es vital para que las mismas asuman el rol que les cabe en la implementación de la política nacional de innovación. En el Paraguay el modelo de universidad vigente es más de transmisión de contenido que de generación de conocimiento, en lo cual influye la débil vinculación universidad empresa, considerado uno de los factores importantes dentro del sistema de innovación.

En la actualidad aún se cuenta con un sector tecnológico muy dependiente de importación de tecnología más que desarrollador de la misma, un sector académico que genera aún poco conocimiento y con escasa vinculación con el sector productivo.

El entorno financiero orientado al sistema, es aún incipiente y no ha desarrollado mecanismos de incentivos formales a la innovación.

El país cuenta con pocos instrumentos de fomento para el sector. Si bien la ley de ciencia y tecnología establece los estímulos financieros, los mismos no han sido implementados. El sector privado invierte en desarrollo, aunque se releva que la tecnología es importada del exterior. Por otro lado, las instituciones que realizan investigación tienen una articulación débil con el sector productivo, por lo cual no se cierra el círculo virtuoso del desarrollo de conocimiento. La situación descrita

más arriba coloca al país con un nivel bajo con respecto a la inversión en países del primer mundo.

En el caso paraguayo, sin embargo, el conocimiento ha sido largamente relegado y su valor como factor para el desarrollo aún no ha sido cuantificado. El atraso del país en términos de satisfacción de necesidades esenciales no le ha permitido, en veinte años de vida democrática, mirar horizontes de crecimiento endógeno y sostenido a través de inversión en conocimiento. La participación civil es aún muy baja y la institucionalidad se percibe débil, lo que compromete aún más la mirada de largo plazo en el desarrollo del conocimiento.

El sector productivo señala la necesidad de una alta inversión anual por un periodo de al menos cinco años para que el país pueda despegar del subdesarrollo. Es importante resaltar que del 0,08% del PIB que se invierte en I+D, el 75% responde al sector público y el 14,1% a cooperación internacional. En el caso de Educación Superior, públicas y privadas, 8,6%. El sector empresarial privado, aporta apenas 0,30%.

El Paraguay participa en esfuerzos coordinados con otros países Iberoamericanos para financiar I+D, sobre todo en el ámbito del MERCOSUR, a través de la RICYT, Red Especializada de Ciencia y Tecnología del MERCOSUR.

Se espera que se genere un cambio sustantivo con los primeros resultados de los mecanismos instalados por el CONACYT y las universidades. Se espera además, implementar una ley de innovación, una revisión y adecuación de la política, incremento de fondos y generación de otros mecanismos de apoyo que posibilitarán un incremento de la financiación a corto y mediano plazo.

Sin embargo, se juzga recomendable incentivar la vinculación universidad-empresa como mecanismo para contar con fuentes de financiamiento para la investigación, que pueden ser de mayor permanencia en el tiempo y otorgar sostenibilidad al sistema, considerando la satisfacción de las necesidades de ambos sectores.

En cuanto a los investigadores, se cuenta con una cantidad aún escasa de personas capacitadas para desarrollar investigación e innovación, la mayoría de ellos formados en el exterior. El principal inconveniente sigue siendo la falta de carrera investigadora en las universidades, a pesar de algunos esfuerzos meritorios, que aún no consiguen desarrollar masa crítica suficiente. Asimismo, la falta de líneas de investigación alineadas con los objetivos de desarrollo nacional, salvo excepciones, dificulta la construcción procesual de conocimiento que pueda ser reconocido y utilizado por el sector productivo y oficial.

Se releva una baja producción investigadora en publicaciones internacionales y un bajo registro de patentes de invención.

Por otro lado, los cursos de formación de recursos para la investigación son aún incipientes, favoreciéndose más la actualización profesional en los cursos de postgraduación.

En estas condiciones, es deseable que la presencia de incentivos para los proyectos I+D+I consigan instalarse en el sector, y desde el gobierno central sean dadas señales claras de comprensión del papel del conocimiento en el desarrollo nacional.

El caso de Perú

Eduardo Paredes Bodegas
Romina Sol Golup

Resumen ejecutivo

1. *Las Universidades como parte del Sistema Nacional de Innovación en el Perú*

Descripción del sistema nacional de innovación peruano

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT, es definido como el conjunto de instituciones y personas naturales del país, dedicadas a la Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) en ciencia y tecnología y a su promoción.

El Órgano Rector del Sistema es el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica -CONCYTEC.

El CONCYTEC es el encargado de dirigir, fomentar, coordinar, supervisar y evaluar las acciones del Estado orientadas a vincular las actividades de ciencia, tecnología e innovación. El CONCYTEC, es un organismo público adscrito al Ministerio de Educación, tiene personería jurídica de derecho público interno y autonomía científica, administrativa, económica y financiera.

Inversión en I+D en el Perú

La inversión en I+D se mantiene entre el 0.10% y 0.15% del PIB. De esta inversión, el Gobierno Central utiliza 13.9%; las entidades públicas y privadas el 45%, las Universidades 40.2% y las ONGs el 0.1%.

Dentro de las 10 Instituciones, entre públicas y privadas invierten: Instituciones no universitarias públicas 35.13%; Universidades privadas 21.57%; Universidades públicas 20.36%; Empresas privadas 11.46%; ONG 10.63%. Educación Superior no universitaria privada 0.85%. Las universidades que más inversión en I+D están: Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. Privada, Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Pública, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Pública, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Privada.

La investigación Básica 38.3%; Aplicada 48.3% y Experimental 13.4%.

2. *El Rol de las Universidades Peruanas en la Creación de Conocimientos*

Recursos humanos para I+D de las universidades peruanas

La ANR, menciona, que en el sistema universitario hay 44.642 docentes; 22.218 ordinarios es decir estables y 22.424 contratados; 4.287 principales es decir con posibilidad de contar con un doctorado; 6.851 asociados, docentes con especia-

lidad o maestría o doctorado. A dedicación exclusiva 6.859, 4.334 a tiempo completo. Varones 72,12% y damas 27,88%.

Se considera que son alrededor de 4.965 los investigadores, cuyo promedio de edad está en los 45 años; el personal de apoyo es de 3.469.

Producción científica peruana

Las publicaciones peruanas en los últimos 10 años son: 185, 229, 218, 229, 385, 386, 449, 561, 612, 658, estando en el puesto 79 en el mundo y 10 en Latinoamérica con 11,38 citas por publicación, según: SCImago Research Group, Copyright 2007-2009. Data Source: Scopus®; siendo la Universidad Peruana Cayetano Heredia la de mayor producción científica con el 35% de toda las publicaciones peruanas; le siguen la universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad Nacional Agraria y la Pontificia Universidad Católica del Perú. Las dos de mayor impacto son UPCH y PUCP. Siendo las revistas: Revista de gastroenterología del Perú y la Revista de Crítica Literaria Latinoamericana

Producción tecnológica peruana

La producción de patentes de los diferentes rubros según la clasificación universal es pobre, del número de solicitudes nacionales presentadas en los últimos 10 años, solo son otorgadas aproximadamente el 30%, que representan 1.673 patentes, repartidas en 55,34% - 926 de personas naturales; 43,22% - 723 de la empresa privada; 0,84% - 14 de las universidades y 0,60% - 10 del Estado.

Las universidades que se reparten el 0,84% - 14 son: PUCP 42,86% - 6; UPSMP 21,43% - 3; UCSM 14,29% - 2 y UPCH, U de Piura, ACEHC con 7,14% - 1, cada una de ellas.

La tasa de dependencia, no residentes / residentes es de aproximadamente 20,66%; la tasa de autosuficiencia de 0,05 y el coeficiente de invención de 0,14 por cada 100.000 habitantes.

En Perú solo el 5,5% de las empresas cuenta con una unidad de I+D; solo el 8% ha desarrollado actividades de innovación y han realizado alguna mejora de producto el 48,4%; mejora de proceso el 71,7% de las empresas.

3. *El Rol de las Universidades en la Formación de Investigadores en el Perú*

El Sistema Universitario funciona en base a dos normas legales, la Ley N° 23733, Ley Universitaria, en la cual están todas las universidades del Estado y algunas de las privadas sin fines de lucro y el Decreto Ley N° 882, norma que posibilita que las universidades sean sociedades comerciales con reparto de utilidades y sin elección de las autoridades universitarias.

La ley establece parámetros para la obtención de los grados y títulos, requisitos a cumplir para ser autoridad y establece que las universidades y sus docentes cumplen funciones de docencia, investigación, gestión y responsabilidad social.

De acuerdo a la ANR existen 91 universidades de las cuales 35 son del Estado y 56 son privadas.

La mayoría de las universidades trabaja solo en el pregrado, no tienen ni maestrías ni doctorados y no hacen investigación.

- Universidades con Maestrías 32; 697 maestrías.
- Universidades con Maestrías y Doctorados 16; 109 doctorados.

Las universidades con mayor número de doctorados son: UNMSM con 19; UNT con 16; UNFV con 12; UPSMP 11 y las universidades PUCP y UICV con 10.

La matrícula en el postgrado es de aproximadamente de 31.000, matrícula que varió muy poco en los últimos cinco años.

En maestrías 25.000 alumnos; Doctorados 1.500 alumnos y en segunda especialidad, especialización 4.750 alumnos.

De los 109 doctorados que se imparten, son 63 programas diferentes, diferentes áreas o enfoque en una misma área, los restantes corresponden a doctorados iguales impartidos por diferentes universidades. La graduación es muy baja, el principal motivo es la elaboración del proyecto de investigación, desarrollo y sustentación, la tesis que no se sustenta. La graduación está entre el 8 y 15% de los que terminan el programa.

En todas las universidades el postgrado es pagado, existen tasas educativas importantes que el alumno debe cubrir, todavía no está extendido el crédito educativo y las becas nacionales son escasas, aunque han aumentado en los últimos años. La institución que administra las becas y los créditos educativos del estado es el INABEC. Estas becas han sido de 15, 20, 20, 18, 9 del 2000 al 2004; en igual período los créditos educativos para el postgrado han aumentado hasta 4287 en el 2004, estos niveles son escasos para el número de profesionales que los requieren. Los bancos están ingresando a este rubro en forma tímida.

Hay dos aspectos importantes con relación al postgrado y en especial los doctorados. Primero ninguno está acreditado, pues la ley de autoevaluación, acreditación y certificación profesional no está desarrollada, data de dos años atrás y es obligatoria para las carreras de las ciencias de la salud y educación, para el resto es voluntaria la acreditación. (Ley del SINEACE). Motivo por el cual la movilización estudiantil hacia Perú para realizar doctorados es casi inexistente.

La Universidad Peruana Cayetano Heredia, creó La Beca de Retorno, beca que le permite al investigador que regresa a trabajar haciendo investigación en la universidad, tener un salario, laboratorios e infraestructura para realizar su labor, sin embargo, no llegan a la media docena los investigadores que retornaron y menos aún los que realizaron investigaciones importantes que les permitiese obtener fondos.

El caso de Portugal

Miguel Santos Conção

Resumen ejecutivo

O papel das universidades no desenvolvimento científico e tecnológico em Portugal

A última década tem sido caracterizada por um aumento expressivo da actividade nacional em matéria de investigação científica, desenvolvimento e inovação. Tal aumento encontra-se reflectivo na evolução positiva, e consistente, ao longo de todo o período de referência, dos principais indicadores de referência, abrangendo a despesa em investigação e desenvolvimento, a produção científica e o seu impacto, o número de investigadores, o número de doutorados e o registo de patentes. Entre 1999 e 2009, as taxas de crescimento destes indicadores são superiores à evolução, em termos médios, da União Europeia, principal espaço regional em que Portugal se encontra inserido, do ponto de vista político, económico e de cooperação científica, evidenciando uma tendência de convergência. Estes resultados decorrem de uma conjugação de factores, destacando-se o reforço das políticas públicas e do investimento em investigação e inovação, o aumento da qualificação de base dos recursos humanos e, em especial, das qualificações ao nível de pós-graduação e a evolução do sector empresarial.

A análise efectuada teve por base a informação pública oficial, produzida por organismos com responsabilidade na recolha, tratamento e disponibilização de informação estatística em matéria de investigação, ensino superior e inovação.

As universidades no sistema nacional de inovação. O sistema científico e de inovação é considerado, em Portugal como noutras regiões, um elemento primordial para assegurar, de forma sustentada, a competitividade nacional, num contexto de crescente globalização e de uma importância, cada vez maior, da informação e do conhecimento. Visando recuperar uma situação de atraso em relação aos principais parceiros, a actuação dos diferentes actores, e os seus efeitos, são visíveis a vários níveis: aumento da dimensão global do sistema e da dimensão individual dos seus elementos, procurando obter sinergias e criar massas críticas; alteração da estrutura, designadamente através de uma maior participação do sector empresarial; promoção de investigação colaborativa e das actividades de transferência de conhecimento e tecnologia. Para esta transformação tem contribuído, de forma significativa, a definição e visibilidade de políticas públicas, transversais ou sectoriais, promovidas adoptadas pelos sucessivos governos. Refira-se a título de exemplo, em anos mais recentes, a adopção de iniciativas como o Plano Tecnológico, a dinamização das designadas estratégias de eficiência colectiva, no âmbito do Quadro de Referência Estratégico Nacional, e através das quais se estimulou a criação de *clusters* e pólos de competitividade temáticos agregando instituições de ensino superior, empresas e outras entidades, ou a aposta em sectores económicos que envolvem um significativo esforço de I&D, casos da energia, materiais e tecnologias da informação e comunicação. As Universidades, pelas suas características, ocupam um lugar central no desenvolvimento do sistema nacional de investigação e inovação. É nelas que se

encontra uma parte muito significativa dos recursos humanos e de infra-estruturas necessárias para a investigação, mas são também elas que assumem um papel determinante na formação de novos investigadores, na formação de um número cada vez maior de cidadãos com qualificações superiores, no estímulo à mobilidade e à cooperação internacional. Refira-se, a título de exemplo, a existência de cerca de 320 unidades de investigação e 25 Laboratórios Associados, reconhecidas no programa plurianual de financiamento, entidades que, na sua grande maioria, se encontram inseridas em Universidades públicas.

Investimento em I&D. A despesa total em I&D, de acordo com os resultados provisórios do Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional referente a 2008 (IPCTN08), cifrou-se em cerca de 2.500.000 milhares de euros, a preços correntes, montante que representa 1,51% do PIB. Esta percentagem é o valor mais elevado de sempre, dando continuidade a uma tendência de crescimento. Em 1999 a despesa situava-se em 0,71% do PIB e em 2007 ultrapassou, pela primeira vez o valor de referência de 1%. Para além desta evolução quantitativa, constata-se também uma transformação estrutural, com um crescimento mais acentuado na despesa em I&D nas empresas, e que em 2008 representa já 50% da despesa total. A magnitude desta transformação é evidente quando se constata quem, em 1999, a participação das empresas no esforço de I&D era de apenas 22%. O financiamento público das actividades de investigação inclui diversas componentes: uma base plurianual, afecta às unidades de investigação avaliadas positivamente e cujo montante depende, expressamente, dos resultados da própria avaliação e do número de doutorados da unidade; um financiamento de base competitiva, designadamente sob a forma de concursos para projectos, quer indiferenciado quanto às áreas do conhecimento elegíveis, quer através de concursos temáticos; um financiamento específico para infra-estruturas. A operacionalização das políticas e da gestão do financiamento é conduzida por agências, como a Fundação para a Ciência e Tecnologia ou como a Agência de Inovação, que actuam sob a tutela dos Ministérios com responsabilidades nos domínios da Ciência, Ensino Superior e Inovação. É hoje reconhecido, de modo alargado, que a contabilização efectiva e transparente das despesas em I&D pressupõe a adopção de metodologias de custos totais, prática que não é ainda corrente no sector de ensino superior. A utilização de modelos de custos marginais não reflecte o esforço de I&D realizado, por exemplo, pelos docentes universitários, e que constituem o principal contingente de investigadores no país.

Recursos humanos para I&D. O número total de investigadores, estimado em «equivalente a tempo integral», é de 40.563, valor que corresponde a 7.2% da população activa. Este valor traduz um crescimento muito significativo desde 1999, ano em que foram contabilizados 15.752 investigadores, correspondendo a 3,0% da população activa. O sector do Ensino Superior é o sector mais importante a este respeito, acolhendo 56% dos investigadores. Muito significativa é a redução relativa do peso do sector Estado neste particular, e a duplicação, numa década, do peso do sector empresas,

Produção científica. Em termos de publicações *per capita* Portugal continua a apresentar níveis significativamente inferiores, 72%, à média europeia. No entanto a evolução verificada nos últimos anos é francamente positiva, tendo evoluído de apenas 52% em 2004. Estes resultados estão em linha com o aumento de investi-

mento descrito. O impacto da produção científica nacional aumentou também, na maioria dos domínios, indicando que para além da evolução quantitativa se verifica também uma evolução qualitativa da investigação realizada em Portugal. Em termos sectoriais verifica-se que o domínio com maior expressão continua a ser a área das Ciências Exactas e Engenharias, verifica-se também um aumento muito significativo de publicações em Ciências Naturais e Agrárias e em Ciências Médicas e da Saúde. De referir o elevado nível de internacionalização da investigação nacional, e que é patente no facto de cerca de 48% das publicações referenciadas terem sido resultado de colaboração com investigadores baseados em instituições estrangeiras.

Produção tecnológica. A produção tecnológica, aferida pela actividade de registo de patentes, apresenta valores substancialmente inferiores à média europeia. Em 2006 o número de patentes registadas no European Patent Office cifrava-se em 13 patentes por milhão de habitantes, face a um valor de 115 para a UE27. À semelhança do realçado para outros indicadores a tendência de evolução é positiva, tendo como referência um valor de 4 patentes por milhão de habitantes em 2002.

A formação de investigadores. As Universidades públicas, continuam a ser o principal agente formador de investigadores, através, designadamente de programas doutorais. Neste particular verificam-se as seguintes tendências, em linha com a realidade internacional: introdução de componentes curriculares; programas conjuntos entre universidades, doutoramentos em empresas. Criada em 2007, entrou recentemente em funcionamento, a Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior, entidade competente nesta matéria para os três ciclos de estudos: licenciatura, mestrado e doutoramento. Em 2008 foram realizados 1500 novos doutoramentos, 51% dos quais realizados por mulheres.

El caso de Puerto Rico

Julio Sánchez Mariñez

Resumen ejecutivo

1. *Las universidades como parte del Sistema Nacional de Innovación en Puerto Rico*

a) *El Sistema Nacional de Innovación en Puerto Rico*

Por sus relaciones con los Estados Unidos desde el fin de la guerra hispano-americana en 1898 y su estatus desde 1917 como Estado Libre Asociado, la economía de Puerto Rico está altamente integrada a la de aquel país, lo que impacta profundamente sus estrategias de desarrollo económico, formación de recursos humanos y actividades de ciencia y tecnología e innovación y desarrollo. Así, en su sistema de innovación y su sistema de educación superior, inciden con toda vigencia las principales agencias federales de los Estados Unidos, encabezadas por la National Science Foundation (NSF), como también el Gobierno de Puerto Rico y los gobiernos locales en sus municipios.

Entre 1950 y 1970, al influjo de la expansión de la economía de Estados Unidos, Puerto Rico experimentó una industrialización acelerada pasando por etapas tecnológicas de mano de obra intensiva (1947-1965) y de capital intensivo (1966-1976), en las que se descuidaron las estrategias enfocadas al desarrollo de las capacidades tecnológicas y de innovación lo que redundó en una ausencia de políticas públicas al respecto.

Desde los setenta el crecimiento económico de Puerto Rico se ha desacelerado, con pérdida de puestos de trabajo en el sector manufacturero, aumentando en el sector servicios. Se procura desde entonces un nuevo modelo de desarrollo económico cuya competitividad descansa en la calidad de la fuerza de trabajo, la infraestructura científica y tecnológica, la innovación y el valor agregado en productos y servicios. Consecuentemente, se ha desplegado un conjunto de esfuerzos entre los cuales se puede destacar, entre los más recientes, el del Nuevo Modelo de Desarrollo Económico (1994) y el del Consejo Asesor del Gobernador sobre Ciencia y Tecnología (1996); sobre la base de de la política de ciencia y tecnología formulada a partir de las recomendaciones de este Consejo, la Universidad de Puerto Rico (UPR) estableció en 1997 su propia política y un plan sistémico para su implantación.

En 2001 Puerto Rico Science and Technology Alliance, con amplia participación del sector público y privado y de las instituciones de educación superior, propuso una política de ciencia y tecnología que cifró metas para los próximos 5 años de aumentar el financiamiento de I+D al 1% del PIB, duplicar el aporte proveniente de fondos federales y del Gobierno de Puerto Rico y generar una mayor contribución del sector privado local. Puerto Rico Science and Technology Alliance agrupa la UPR, la Universidad del Turabo (UT) la Universidad Interamericana de Puerto Rico (UIPR) y la Universidad Politécnica de Puerto Rico (UPPR), organizaciones no gubernamentales, asociaciones profesionales y empresas con el propósito de fortalecer la capacidad científica y tecnológica del país.

En todos estos esfuerzos han jugado un papel importante el Departamento de Desarrollo Económico y Comercio de Puerto Rico (DDEC), responsable de la ejecución de la política sobre el desarrollo económico de Puerto Rico y, la Puerto Rico Industrial Development Company (PRIDCO), corporación del Gobierno de Puerto Rico dedicada a la promoción del país como destino de inversión. PRIDCO, a través de su Oficina de Ciencia y Tecnología (OCT) administra un fondo especializado para el fomento de iniciativas científicas y tecnológicas. En la actualidad, el DDEC y PRIDCO/OCT comparten la estrategia de conformar clusters vinculantes del sector público, el sector privado, las organizaciones no gubernamentales e instituciones de educación superior (IES), en áreas estratégicas con gran potencial de desarrollo. Estas áreas son: farmacéutica, biotecnología, instrumentación médica, pruebas clínicas, servicios de salud, comunicaciones y tecnología de información, comercio electrónico y turismo.

Desde 1985 existe INDUNIV Research Consortium, creado por la UPR con el sector empresarial y el gobierno, a favor de la investigación, para promover la competitividad de Puerto Rico en ciencia y tecnología. INDUNIV, con apoyo financiero de PRIDCO, se enfoca a los sectores de biociencia y farmacéutico, promoviendo el desarrollo de centros de excelencia, parques tecnológicos e incubadoras. A principios de década del 2000 se estableció el Corredor Tecno-económico de Puerto Rico (PRTEC, por sus siglas en inglés), conglomerado de entidades públicas y privadas, en torno a industrias establecidas en el área occidental de la isla, con un rol central del Recinto Mayagüez (RUM) de la UPR. PRTEC ha identificado la tecnología de la información y computación, la industria farmacéutica, la biotecnología, la instrumentación médica y el turismo, como áreas para establecer clusters.

Siguiendo el modelo de INDUNIV y de PRTEC se han desarrollado otras iniciativas similares, como las de la UT, envuelta en el diseño y creación de tres organizaciones regionales de desarrollo económico: la Iniciativa Tecnológica Centro-oriental (NTECO), la Iniciativa Tecnológica del Norte (INTENOR) y la Alianza para el Desarrollo Integral del Sur (DISUR). También la Puerto Rico Research & Commercialization Alliance (PRRCA), esfuerzo gobierno-universidad-industria propiciado PRIDCO/OCT para desarrollar el sector tecnológico y empresarial de telecomunicaciones e informática. Otro nuevo actor importante lo es el Puerto Rico Science, Technology and Research Trust, entidad autónoma destinada a financiar proyectos de investigación y desarrollo e infraestructura para actividades de ciencia y tecnología e impulsar la comercialización de ideas e innovaciones por medio de programas de transferencia de tecnología. La iniciativa mayor del Trust lo es el Corredor de Conocimiento de San Juan que enlace los Recintos Río Piedras y de Ciencias Médicas de la UPR, los Jardines Botánicos, los hospitales existentes en la zona y proyectados edificios para un Centro de Ciencias Biomoleculares y un Centro Comprehensivo en Cáncer del recinto de Ciencias Médicas de la UPR, con espacio residencial para personal científico y técnico más la facilidad de transporte en la zona vía tren.

Este conjunto de esfuerzos y arreglos institucionales ofrecen una prometedora plataforma de despegue de un sistema de innovación en Puerto Rico en el que interactúen los sectores público, privado y académico, con énfasis en las áreas estratégicas para el desarrollo del nuevo modelo económico deseado por Puerto Rico.

El sistema de educación superior de Puerto Rico consta de 46 instituciones de educación superior (IES) con 75 recintos, que ofrecen diversos tipos de programas y grados, tanto de formación académica o científica como profesional, vocacional o técnica. Sólo un recinto, la Universidad de Puerto Rico (UPR)-Rio Piedras es clasificada, bajo el sistema de la Integrated Postsecondary Education Data System (IPEDS), como doctoral-intensiva (ninguna es clasificada como doctoral-extensiva). Hay 8 IES clasificadas como instituciones de maestrías, 26 como instituciones de licenciaturas, 23 especializadas y 17 de dos años (community colleges). La oferta de las IES consta de 2,574 programas desde el grado asociado hasta el certificado post-doctoral, con 1,239 programas de licenciatura (bachelor) y 634 programas graduados. Hay 38 IES (contando independientemente cada recinto) que ofrecen programas graduados, con 26,609 estudiantes (de los cuales el 70.34 % son hombres) para un el 11.70% de la matrícula total en el nivel superior que en 2008 asciende a 227.546 estudiantes.

b) Inversión en I+D en Puerto Rico

El gasto total en I+D ha pasado de 74.5 millones en 2000 a 100,4 millones en 2008, aumentando el porcentaje de financiamiento federal desde un 57.4% en 2000 a 74.2% en 2008. De manera estable, la mayor parte de dicho gasto lo es en ciencias e ingenierías, 95.2% en promedio; la mayor parte lo es en ciencias, siendo el gasto específico en ingenierías del orden de 12.3% en promedio (con un máximo de 16.1% en 2001 y un mínimo de 10.1% en 2004). El gasto en I+D como porcentaje del PIB para este periodo ha sido 0.17 en promedio, muy por debajo del promedio para América Latina y el Caribe, aunque similar al de países más grandes como Ecuador y Colombia en los últimos años.

Hay una mayúscula dependencia de los fondos federales. La inversión del gobiernos estatal es baja y, como proporción de la inversión total, tiende a la baja (fue un 18.93 % en 2000, un 6.25 % en 2004 y un 5.67% en 2008). La inversión del sector privado, incluyendo las organizaciones no gubernamentales, es muy baja y aún menor en el área de ciencias y tecnología.

El gasto en I+D se concentra ampliamente en la UPR, con el Recinto de Ciencias Medicas a la cabeza, seguido por el de Rio Piedras y luego el Recinto de Mayagüez que es el líder en el ámbito de las ingenierías. El segundo actor entre las IES lo es Ponce School of Medicine (PSM) y, desde 2005, entran en juego la Universidad Carlos Albizu (UCA), las tres universidades del Sistema Ana G. Méndez (la del Turabo, la del Este y la Metropolitana) y la UPPR.

2. El rol de las universidades en la creación de conocimientos

a) Recursos humanos para I+D

En 2006 un 1.89% de la fuerza laboral empleada en Puerto Rico lo era en ocupaciones de ciencias e ingenierías (0.66% ingenieros, 0.43% científicos físicos y de la vida, y 0.72% especialistas en computación). Un 0.13% tenía grado doctoral.

No hay estadísticas sobre el personal en actividades de investigación y desarrollo. La UPR, reportó en el año académico 2005-2006 que 710 de sus 5,017 profesores en ese año lo eran científicos e ingenieros en actividades de I+D.

Según datos preliminares reportados por las IES al Consejo de Educación Superior de Puerto Rico (CESPR), de los 14,034 profesores en el año académico 2007-2008, hay 1,242 (1,015 con dedicación a tiempo completo y 227 a tiempo parcial), que tienen rango académico según el cual su tarea principal es la investigación.

b) *Producción científica*

Puerto Rico está ausente en las bases de datos de RICYT así como de otras bases de datos importantes como las de la UNESCO.

Recurriendo a las bases de datos de las publicaciones indizadas por SCOPUS se encuentra que la UPR y sus recintos principales dan cuenta por mucho de la mayoría de las publicaciones. Otras IES con aportes significativos lo son, en orden de importancia, la PSM, la Universidad Central del Caribe (UCC), la Universidad Metropolitana (UMET), la UPPR, la UCA, la UT, la Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico (PUCPR) y la (UIPR).

c) *Producción tecnológica*

De acuerdo a registros en la U.S. Patent and Trademark Office (USPTO), previo a 1995 se habían otorgado 351 patentes involucrando residentes en Puerto Rico, mientras en el periodo 1995-2008 se otorgaron 337, para un total de 688, con un promedio en el periodo 2000-2008 de 24,4 patentes por año. Este patrón es muy estable, oscilando en el rango de algo más de diez a poco más de treinta por año a lo largo de las últimas décadas.

En lo que concierne al rol de las IES en la generación de patentes, sólo la Universidad de Puerto Rico juega un papel al respecto, con un total de 23 patentes hasta 2005, de las cuales 8 lo fueron en la década de los 90's y ninguna previa a esos años.

3. *El rol de las universidades en la formación de investigadores*

En 1995-1996 se ofrecían 32 programas de nivel doctoral y en 2003-2004 el número ascendió a 59 programas doctorales. La mayor parte de los programas doctorales lo son en áreas distintas a las de ciencias e ingenierías; para 2004 las IES de Puerto Rico ofrecían 17 programas doctorales en dichos ámbitos y en el año académico 2005-2006 estos reunían una matrícula de 2,436 estudiantes (868 de ellos en los 3 recintos principales de la UPR).

Los mayores aportes en formación de doctores provienen de la UPR. Entre 1975 y 1999 la UPR-Rio Piedras produjo 1,835 doctores (478, un 26 %, entre 1995 y 1999), mientras la UPR-Mayagüez aportó 440 (182, un 41.36 %, entre 1995 y 1999).

Entre 2000 y 2003 se graduaron 156 doctores en todas las IES. En 2008 se graduaron 236 doctores: 95 en las ciencias sociales, 18 en ciencias físicas, 18 en ciencias de la vida y solo 9 en las ingenierías, excluyendo 5 en ciencias de la compu-

tación e información (otros 91 doctorados son en otros campos, principalmente en educación y en negocios).

En el periodo 2002-2006 se concedieron 86 plazas de post-doctorado. En 2005, los datos desagregados revelan que las 15 plazas post-doctorales en ese año, tanto en la PSM como en la UPR- Río Piedras, lo fueron en las ciencias y ninguno en las ingenierías.

4. *Consideraciones Finales*

En general, las principales IES en Puerto Rico, con el apoyo gubernamental –federal, estatal y local–, se mueven a una mayor vinculación con el sector privado, desplegando esfuerzos de colaboración orientados a fortalecer las actividades de ciencia y tecnología y, particularmente, de I+D. Las principales iniciativas recientes para vertebrar un sistema de innovación, en las últimas dos décadas, se enmarcan en el modelo de triple hélice y el modelo de clusters.

Se mantiene como un reto la meta de aumentar los niveles de financiamiento para I+D tanto de fuentes federales como de origen estatal y, sobre todo, del sector privado. Igualmente lo es el destinar mayor parte de este gasto a ámbitos de ingenierías.

Contrastando con la diversidad y densidad del sistema de educación superior en términos de su oferta de programas y su matrícula, la formación de doctores es aun baja; destaca, además, la baja participación relativa de formación de doctores en ciencias y, especialmente, en ingenierías,.

Para una mejor orientación de los esfuerzos futuros Puerto Rico en materia de innovación y desarrollo tiene el reto de desarrollar un sistema de información y estadísticas como lo reconoce su Instituto de Estadísticas, de reciente creación a finales de 2007.

El caso de República Dominicana

Julio Sánchez Mariñez

Resumen ejecutivo

1. *Las universidades como parte del Sistema Nacional de Innovación en República Dominicana*

a) *El Sistema Nacional de Innovación en República Dominicana*

En República Dominicana (RD) hay un incipiente sistema nacional de innovación que obedece a dos impulsos estatales principales, uno proveniente del Consejo Nacional de Competitividad (CNC), con el Plan Nacional de Competitividad Sistémica (PNCS), iniciado en 2007, y otro de la Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SEESC_{yT}), con la formulación y puesta en marcha del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación 2008-2018 (PECYT+I). Un componente del PNCS es la estructuración de un Sistema de Innovación y Desarrollo Tecnológico (SNIDT), que ha empezado a materializarse con la formulación e inicio de implementación del PECYT+I en 2008, conformándose un Consejo de Innovación y Desarrollo Tecnológico (CIDT), presidido por la SEESC_{yT} e integrado por las distintas agencias gubernamentales directamente relacionadas con la investigación científica y tecnológica e innovación y por los representantes de los sectores productivos más importante del país. Al SNIDT se integran, además, las instituciones de educación superior (IES) y los institutos y centros de investigaciones científicas y tecnológicas (ICCT). El principal instrumento desencadenante de las acciones del PECYT+I hasta ahora lo ha sido el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT), instancia de promoción y financiamiento de programas y proyectos de innovación e investigación científica y tecnológica, implementado por la SEESC_{yT} desde 2005.

El CNC y el PNCS, sustentados en la Ley 392-07 de Competitividad e Innovación Industrial, cuyo propósito es estimular la renovación industrial y la innovación, implementan una estrategia de competitividad centrada en el modelo de ‘clusters’ para articular sinergias productivas entre empresas, proveedores especializados y oferentes de servicios e instituciones de soporte o apoyo incluyendo las IES y los ICCT. El principal instrumento de gestión del CNC y el PNC es el Fondo de Competitividad (FONDEC) por medio del cual se han desplegado acciones puntuales de apoyo a la conformación de los ‘clusters’ en los sectores de agroindustria, manufactura y zonas francas, turismo, y pymes, así como iniciativas destinadas al mejoramiento del clima nacional de negocios y la logística comercial, reformas del marco regulatorio y promoción de los sistemas nacionales de calidad, innovación y capacitación, entre otras.

El país cuenta con 43 IES, 33 universidades, 5 institutos especializados (enfocados exclusivamente en ciertas áreas de conocimiento y formación) y 5 institutos técnicos (que otorgan sólo grados de técnico superior).

b) *Inversión en I+D en República Dominicana*

No hay información estadística e histórica disponible sobre el gasto ni el volumen de actividades de ciencia y tecnología ni en investigación y desarrollo en la RD en la Oficina Nacional de Estadísticas u algún otro organismo oficial. Se tiene la información de que la SEESC,T tiene programada la realización de una Encuesta Nacional sobre Innovación en 2010.

Las mejores aproximaciones a la estimación de la inversión en I+D en el país provienen de dos encuestas de empresas, la primera realizada por OTF Group para el CNC, en 2006, que encontró que alrededor del 50% de los industriales gastaban menos del 1% de sus ingresos en I&D (lamentablemente esta encuesta fue realizada con una muestra muy limitada, a sólo 57 empresas); la segunda, de 2003, parte de los trabajos para la formulación de la propuesta de Plan de Innovación Tecnológica en la República Dominicana (INPOLTEC II), con una muestra de 1000 empresas en la que se encontró que sólo el 4.8% de esas empresas tenían propiamente actividad de I+D, todas privadas y nacionales. Bravo, Pérez y Mejía (2004), arriesgan una estimación del gasto en I+D respecto del PIB en República Dominicana, el cual sitúan alrededor del 0.06% para inicios de la década del 2000. Los autores llegan a esta estimación de un modelo construido a partir de datos equivalentes en 12 países de América Latina en el que emplearon el valor de los indicadores respecto de Población Activa, publicaciones en SCI respecto de la Población y PIB per cápita y promedio (valores que a su vez infirieron para RD a partir de los resultados de su encuesta vinculada a INPOLTEC II).

2. *El rol de las universidades en la creación de conocimientos*

a) *Recursos humanos para I+D*

El país carece de estadísticas e información confiables y actualizadas sobre la cantidad de investigadores en el país y su forma de dedicación.

Los únicos datos sobre el personal científico y técnico en la fuerza de trabajo en República Dominicana provienen de la Encuesta Nacional de Fuerza de Trabajo (ENFT) que realiza el Banco Central, en la que se registra que el número de profesionales de las ciencias y otras actividades intelectuales en 2006 ascendía a 151.788 personas, para un 2,19% del total de la Fuerza de Trabajo, porcentaje que aparece estable en la serie histórica disponible.

En el estudio realizado por Bravo, Pérez y Mejía (2004), los autores llegan a la estimación de que a principios de la década se contaba con un personal en I+D de 994 personas, un 0.30 por mil habitantes y un 0.13 por cada mil personas de la Población Económicamente Activa (PEA). De este total, 329 (un 33%) se encontraban en empresas, mientras las restantes 665 personas estaban en universidades y centros e institutos de investigación. Descomponiendo este personal por sus funciones, se encontró que en las empresas calificaban como investigadores sólo 79 personas, mientras que en las IES e ICCT calificaban como tales 363 personas.

Sobre la base de una muestra de 132 de estos investigadores, el estudio concluyó que alrededor del 16.7% de ellos trabajaba en ICCT como actividad principal

(pero no necesariamente exclusiva) y un 78% en IES (pero con la real posibilidad de que una parte indeterminada, y probablemente significativa, trabajara en más de una a la vez). Según su dedicación a la investigación, aquellos investigadores afiliados a universidades reportaron una dedicación media de tiempo igual al 37.8% de sus jornadas mientras los afiliados a ICCT reportaron una dedicación media igual al 46.9% de sus jornadas. Un 72.7% de estos investigadores tenía grado de maestría y sólo un 29.5% de doctorado. La mayoría de los investigadores se encontraban en las áreas de ciencias sociales y humanidades (un 41%), 26% en las áreas de tecnologías, 24% en las de salud y sólo un 9% en las ciencias experimentales. La edad media de este grupo era de 45 años (un 42,4% con edades entre 41 y 50). El grupo masculino fue predominante, con un 69,7% del total.

El último informe estadístico publicado por la SEESC_{YT} (2006) ofrece informaciones que deben ser consideradas críticamente por cuanto la información compilada en el mismo se basa en reportes de las instituciones, sin el establecimiento de definiciones ni estándares comunes respecto de la condición de investigador, su preparación, dedicación o productividad y porque no se contó, en este caso, con datos provenientes de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, la principal de carácter público y la mayor de todo el sistema. En todo caso, de acuerdo a los datos en el informe, las IES de RD contaban apenas con 403 investigadores en el año 2004, concentrados la gran mayoría (un 90.6% del total) en nueve instituciones.

En el periodo 2005-2008 la SEESC_{YT}, por vía de FONDOCYT, ha contratado 85 proyectos por un monto total equivalente a U\$15.145.358.

LAS IES e ICCT que predominan por número de proyectos y montos, estos últimos en dólares e indicados entre paréntesis, son el Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI) con 17 proyectos (1.706.256), el Instituto Superior de Agricultura (ISA) con 15 proyectos (355.736), la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), con 14 (3.026.836), el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), con 8 –y co-participando en otros 2– (1.265.452), y el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), con 7 (2.555.674), la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM) con 5 (742.475) y la Universidad Tecnológica de Santiago (UTESA), con 5 (3.031.941).

Es notable la participación de dos ICCT públicos, el IIBI y el IDIAF, con 24 proyectos entre ambos. Sólo 7 de las 43 IES existentes, y 2 de esas 7 con sólo 1 proyecto. Entre esas, lideran la UASD, el ISA, el INTEC, la PUCMM y UTESA; con 1 proyecto cada una se suman la Universidad APEC (84.820) y la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (73.588).

b) *Producción científica*

Una consulta a las bases de datos de RICYT sobre la producción científica en República Dominicana medida a través de la participación en revistas indizadas en Science Citation Index, Pascal y Compendex, muestra que la participación dominicana se mantiene bastante estable en el periodo 2000-2007, con porcentajes del total mundial de apenas alrededor del 0,003% en el caso de SCI, de 0,004% en el caso de Pascal y de un máximo de 0,001% en el caso de Compendex. Esto sitúa a República Dominicana en el grupo de menor participación en esos índices en América Latina y

el Caribe. Lamentablemente, en las bases de datos de RICYT, República Dominicana no aparece en los índices de publicaciones por investigador, por gasto en I+D u otros índices al carecer de la información necesaria para el cálculo de los mismos.

Cuando examinamos las publicaciones por instituciones dominicanas indizadas en Scopus, el resultado no es más alentador. En el periodo 2000-2004 se registra sólo un total de 58 publicaciones por autores afiliados a tres (3) instituciones, Pro-familia, organización sin fines de lucro de servicios de salud sexual y reproductiva, con 35 publicaciones, la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, con 14, y la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, con 9.

Todo lo anterior concuerda con los hallazgos en la encuesta realizada a 132 investigadores en el marco del proyecto INPOLTEC II, en la que éstos reportaron que su patrón de producción se concentraba principalmente en presentaciones en congresos y conferencias (74,2% de los investigadores) y ponencias en otros eventos (62,9%), producción de libros (52,3%) y artículos de publicación nacional (50,8%), informes por contratos o proyectos (44,7% y 43,9%, respectivamente), mientras los porcentajes caían abruptamente con relación a la producción de artículos publicados en el extranjero (31,8%). No hay un inventario o bases de datos de esas publicaciones que, en el plano local se sabe son abundantes, tanto en publicaciones nacionales, no indizadas, como en otros documentos, muchos de ellos de circulación restringida o limitada. Hay razones para asumir, sin embargo, que la gran mayoría no corresponde a los ámbitos de ciencias básicas o tecnologías.

c) *Producción tecnológica*

En las bases de datos RICYT se ofrece información sobre el número de solicitudes de patentes desde República Dominicana sólo de 1995 a 2000, así como cálculos de los principales indicadores en este ámbito. El coeficiente de invención para República Dominicana apenas llega al 0,1 en los años 1999 y 2000, mientras la tasa de dependencia se mantiene con valores superiores al 17,7, llegando a un pico de 50,0 en dicho periodo.

Los registros de la Oficina Nacional de Propiedad Intelectual (ONAPI) de RD muestran que en el periodo 2000-2009 se formularon 2.283 solicitudes, incluidas 377 de diseños industriales y 1.906 de patentes (incluyendo en este último renglón tanto modelos de utilidad como invenciones). Asimismo, se encuentra que en el periodo 2006-2008 se otorgaron 21 de patentes (19 Invenciones y 2 modelos de utilidad). Ninguna de las solicitudes ni de las patentes otorgadas involucró a alguna IES o ICCT.

3. *El rol de las universidades en la formación de investigadores*

Las IES de RD no ofrecen, en la actualidad, programas doctorales propios. Existe un conjunto de programas doctorales que se ofrecen en colaboración y con el apoyo de universidades extranjeras, principalmente de España. De los mismos, sólo el programa doctoral en matemáticas que ofrece la Universidad Politécnica de Valencia en colaboración con el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC) pertene-

ce al ámbito de ciencias y tecnologías. La mayoría de los otros programas doctorales lo son en el ámbito de educación (ciencias pedagógicas, liderazgo educativo o educación en general). Estos programas no son recurrentes sino que se establecen con el horizonte de una sola cohorte o promoción.

En lo que respecta a programas de maestría, en la década que finaliza el porcentaje de estudiantes que realizan estudios postgraduados apenas sobrepasa un 3% del total matriculado en las IES. Es preciso hacer constar que la mayor parte de los programas de especialidad y maestría son de corte profesionalizante y no orientados a la investigación.

Las IES dominicanas no cuentan con asignaciones presupuestales para formación doctoral de su profesorado en el exterior, ni existe un programa ni soporte estatal a tales fines. En consecuencia, la formación de doctores depende exclusivamente de la cooperación internacional por vía de los programas de becas; las IES de RD con mayor enfoque y énfasis en la investigación, la innovación y la vinculación con los sectores productivos procuran proactivamente hacer provecho de dichas oportunidades, pero los principales programas –especialmente los de los gobiernos de Estados Unidos y de la Unión Europea– son muy pocos en lo que concierne a oportunidades para programas doctorales.

4. *Consideraciones Finales*

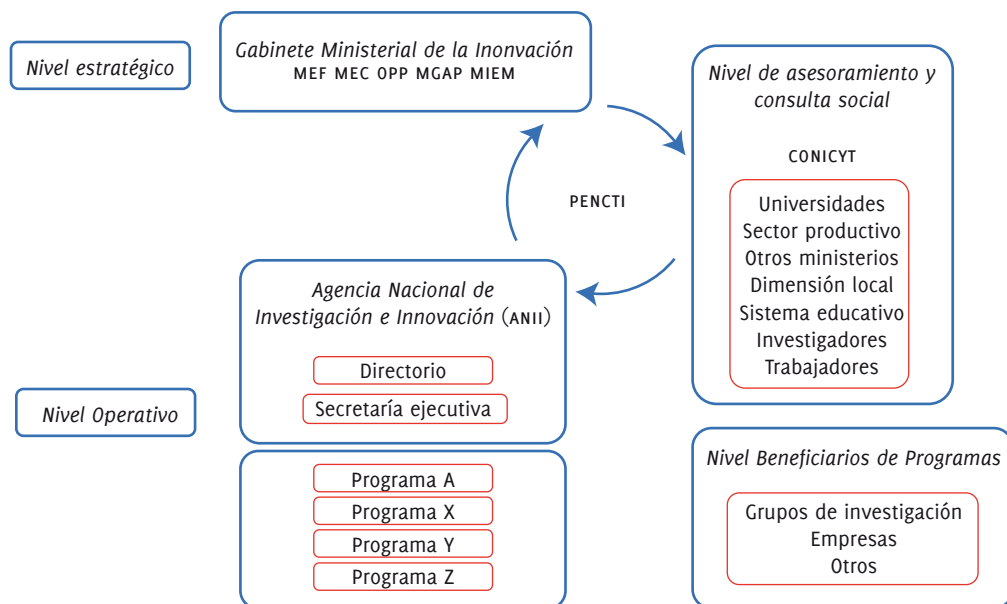
El despegue de las iniciativas de la SEESC_{yT} en implementación del PECYT+I, particularmente con FONDOCYT, podría significar un importante giro en la actividad de C y T + i en RD, de profundizarse su alcance y complementarse con otras iniciativas especialmente un régimen de incentivos tangibles a las actividades de C y T y de I+D+i por parte de las IES, las ICCT y muy especialmente las empresas, así como de apoyo a los investigadores y a la formación de doctores en el país y a la vinculación entre IES, ICCT y empresas. Un grupo líder de IES e ICCT ya empiezan a reaccionar con vigor a los estímulos proporcionados, lo que permite esperar futuros avances.

El caso de Uruguay

Omar Paganini

Resumen ejecutivo

En Uruguay el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTI) está conformado por los siguientes actores: (i) El gobierno central con sus agencias, consejos y organismos específicos para la temática, dedicados a generar incentivos y planes para el desarrollo del sistema y su financiamiento a largo plazo; (ii) Las universidades (una universidad pública – la UDELAR –, cuatro universidades privadas, y varios institutos universitarios); (iii) Institutos de Investigación y de servicios tecnológicos que desarrollan investigación (los más notorios, el INIA, el IIBCE, el LATU y el Pasteur); (iv) El sector empresarial privado, que realiza básicamente innovación y desarrollo; (v) Las empresas públicas, que en alguna medida pueden realizar y también financian investigación y desarrollo, e innovan en sus productos y procesos. A nivel del gobierno central recientemente se ha procesado un rediseño de los organismos relacionados con el SNCTI, con la creación del Gabinete de la Innovación (GMI) en 2005 y la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) en 2007, así como la reformulación del Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT), según el siguiente esquema:



Fuente: Presentación del Director de la OPP, el Profesor Enrique Rubio, en el Foro de la Innovación en las Américas FIA 2009¹.

Se trata de una nueva institucionalidad orientada a imprimir dinamismo al SNCTI, lo cual es consistente con determinada visión del desarrollo. Para decirlo en las palabras del PENCTI:

«Se intenta impulsar un desarrollo ‘intensivo en conocimiento’, frente a una estructura productiva que históricamente ha estado demasiado recostada en la producción de

¹ PENCTI es «Plan Estratégico Nacional en Ciencia Tecnología e Innovación», MEF es Ministerio de Economía y Finanzas, MEC Ministerio de Educación y Cultura, OPP la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, MGAP el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca y MIEM el Ministerio de Industria Energía y Minería.

‘commodities’. Por otra parte, se busca un desarrollo integrador, que genere oportunidades para todos los uruguayos y condiciones para poder aprovecharlas. Para lograrlo, se pretende articular a los actores mediante incentivos y recursos para amplificar al máximo las posibilidades de incorporar conocimiento en la sociedad, innovando en la producción, los servicios y la cultura»².

La nueva institucionalidad se ha desplegado durante 2005 – 2008, y está logrando sus primeros impactos. Es de esperar que en los años venideros, si la política de promoción y fomento y el marco institucional se mantienen, se cosechen los frutos.

El Gasto en I+D ha presentado cierta volatilidad desde comienzos de los 90, asociados a diferentes períodos de gobierno y al desempeño de la economía. Recientemente (entre 2006 y 2008) se registra un fuerte crecimiento el cual superó los U\$S 120 millones (33% anual promedio de aumento). En relación al producto sigue representando un monto pequeño, rondando el 0.4% y es menor al nivel general de América Latina³. En cuanto al origen de los recursos destinados a I+D, las cifras del 2008 indican que el 60% de los mismos proviene del Gobierno, un 25% de las empresas, un 15% de las Universidades y un 2% del extranjero. En cuanto a sectores de destino de los recursos de I+D, la información del 2006 nos muestra que un 35% se destinan al sector gubernamental, un 37% a las universidades y un 29% al sector empresarial.

En cuanto al número de investigadores, si bien los indicadores disponibles presentan dificultades⁴, se puede afirmar que en 2008 éstos superan la cifra de 2.153, distribuidos de la siguiente forma: (i) 169 en instituciones asociadas al Gobierno; (ii) 90 en el sector Empresarial; (iii) 1.549 en Instituciones de Educación Superior y (iv) 345 en Organizaciones Privadas sin Fines de Lucro. En cuanto a las especializaciones, la distribución es relativamente equilibrada, predominando las ciencias naturales con el 41% de los investigadores.

En cuanto a producción científica, en el período 1996-2007 el país registra un crecimiento de las publicaciones del orden del 135%, alcanzando las 600 publicaciones anuales cubiertas por el SCI. Si analizamos la participación uruguaya en el total global de publicaciones vemos que se ha incrementado en el mismo período desde el 0.023% al 0.033% en virtud que el crecimiento global alcanzó al 65% en el período de referencia. En la comparación con América Latina, se verifica un leve retroceso en la participación la cual pasa de pasó de un 1,15% a un 1,02%, debido al mayor crecimiento relativo de la región (165%). En cuanto al origen de las publicaciones se destaca la UDELAR, con más del 80% de las mismas, guarismo que se reitera si analizamos las citas de publicaciones por afiliación institucional. En las áreas temáticas, las ciencias naturales y exactas, las ciencias médicas y ciencias agrícolas explican un 88% del total de publicaciones del período 1996-2007.

En cuanto a producción tecnológica, la información disponible indica que más del 93% de las patentes concedidas en la última década corresponden a no residentes. En la última década las patentes producidas por universidades (corresponden

² Plan Estratégico Nacional en Ciencia Tecnología e Innovación – Borrador Final 2009.

³ Es de notar que el PBI del Uruguay ha registrado un importante incremento en el período 2004-2008, y por lo tanto un aumento del gasto en I+D significativo en términos absolutos no se refleja en este indicador.

⁴ Hasta 2006 la Dirección de Innovación Ciencia y Tecnología (DICYT) desarrollaba encuestas periódicas, que son las reportadas a RICYT. En 2008 se comienzan a obtener valores reportados por el Sistema Nacional de Investigadores, de reciente creación, que siguen otros criterios.

a UDELAR) alcanzan el número de 11 sobre un total de 48 patentes concedidas a residentes. Son mayormente en biología y medicina. En suma, la participación de los científicos nacionales en el total mundial de patentes es de muy escasa significación.

En cuanto a formación de investigadores, en la última década se observa un leve crecimiento en el número de programas de doctorado locales, que son 16. Más del 80% de estos programas corresponden a ciencias naturales y exactas, y a ingeniería. Se espera que el Sistema Nacional de Becas de la ANII genere un impulso destacado para la formación nacional de investigadores. En el último año este programa comprometió recursos por US\$ 3,5 millones para la formación de RRHH dedicados a investigación, otorgando 241 becas de postgrado entre 2008 y 2009. Por otra parte en 2009 la ANII ha comprometido recursos por algo más de US\$ 1.1 millones en la creación y fortalecimiento de 15 programas de postgrados nacionales, 5 de los cuales en ingenierías y ciencias agrícolas.

Como principales conclusiones para el Uruguay, se pueden indicar las siguientes:

1. Existe un nivel relativamente bajo de inversión en I+D, aún en el contexto latinoamericano, con desarrollo de la producción académica en determinadas áreas «históricas» (ciencias biológicas y médicas, ciencias agrarias), y baja articulación entre el sistema científico y tecnológico y la producción.
2. Una economía históricamente basada en la producción agroindustrial y de servicios (turismo, finanzas), débilmente articulada con la I+D endógena. Más recientemente se produce el desarrollo de algunos sectores intensivos en conocimiento, fundamentalmente el de las TIC_s, al mismo tiempo que se verifica una modernización tecnológica de los sectores «clásicos», con un fuerte incremento de la productividad, cambios en la estructura empresarial y captación de IED, con éxito en cuanto a la incorporación y adaptación local de tecnología, pero aún con relativamente baja articulación con el sistema de CTI.
3. Desde 2005 en adelante se articula un ambicioso plan orientado a lograr un cambio hacia un modelo de desarrollo «intensivo en conocimiento», que involucra un importante rediseño institucional, el aumento significativo de los recursos y el despliegue de programas e instrumentos con una concepción integral que abarcan desde el fomento a la formación de recursos humanos, el desarrollo de infraestructura, la promoción de la investigación y la vinculación tecnológica, así como el apoyo a los procesos de innovación productiva.
4. El sistema universitario se ha caracterizado por la predominancia de la estatal UDELAR que hasta 1985 contaba con el monopolio legal de la enseñanza superior. A partir de esa fecha comienza el desarrollo del subsector universitario privado, al comienzo con un fuerte foco en la enseñanza y en ciertas disciplinas (administración, derecho, ciencias sociales), pero incorporando tempranamente las TIC_s.
5. Desde el punto de vista de la investigación, los núcleos «históricos» de la UDELAR (en torno a las ciencias exactas y ciencias de la vida) continúan siendo los más productivos desde el punto de vista de las publicaciones. Los acompañan en el área de las ciencias agrarias grupos de la propia UDELAR

y del INIA⁵. En las áreas de ciencias sociales existe un desarrollo de años, y en ellas la presencia del subsector privado (tanto de universidades como de institutos y ONG_s) es de mayor importancia relativa.

6. Por otra parte, si se estudia el desarrollo del sector universitario privado, se le encuentra bien relacionado con los sectores dinámicos (TIC_s, servicios), pero el desarrollo de la investigación y de la producción científica es incipiente, y se puede afirmar que se ha institucionalizado hace relativamente pocos años.
7. En ingeniería –principalmente la relacionada con las TIC_s– las actividades de I+D se vienen desarrollando en forma interesante y participan todas las universidades. Es en estas disciplinas donde la articulación con el sector productivo se estima como más auspiciosa.

⁵ Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, que no forma parte del sistema universitario.

El caso de Venezuela

Iván de la Vega
Aura Troconis
Freddy Blanco
Fabiana Llovera

Resumen ejecutivo

El escenario que presenta Venezuela para el año 2009 referido a su Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) no es el esperado. Al examinar los cambios impulsados en los últimos 10 años se debe destacar que en ese período se ha mantenido al frente del gobierno nacional el mismo presidente. En ese lapso se han originado cambios significativos en materia de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en el país. Ese cúmulo de políticas públicas se traduce en creación o refundación de nuevas instituciones, leyes, normativas y documentos (Planes, Misiones y Programas).

Los hitos en los últimos 10 años se describen a continuación: creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) y cambio de funciones del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) que pasó a denominarse Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) (1999); creación del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI) en el año (2001); cambio en el reglamento del Programa de Promoción del Investigador (PPI) en el año 2002 que permitió el ingreso de nuevos investigadores al flexibilizar las normativas de cada área de conocimiento; diseño de un Plan de Ciencia y Tecnología 2004-2030 (2004); creación de una nueva Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI) que ha permitido captar ingresos superiores al promedio histórico del país (2005); y a la creación de la denominada Misión Ciencia que hipotéticamente impulsaría aspectos como la formación de alto nivel de personal vinculado a la CTI (2005). Con todo ese marco que es considerado como un avance desde el plano organizativo, se observan elementos que han debilitado la construcción de sinergias entre los actores del SNCTI del país. La paradoja se presenta al contrastar los cambios en las leyes y reglamentos, en el incremento de los recursos financieros y en los programas implantados, con los resultados obtenidos hasta el momento.

Discusión sobre los temas globales

Recursos Financieros en CyT: en el período 2000-2005 el gobierno venezolano invirtió recursos financieros de forma fluctuante entre 0,20% y 0,58% del PIB. No obstante, cabe acotar que desde hace varias décadas los organismos multilaterales como la OCDE y la UNESCO establecieron que los países en vías de desarrollo deberían invertir por lo menos el 1% de su PIB para que sus sistemas científicos y tecnológicos pudiesen incidir en un mayor bienestar social. Venezuela ha estado por debajo de esa cifra en más de un 50% en ese período y, lo que es más preocupante, de forma fluctuante. Este último punto impacta negativamente en el funcionamiento de los programas, debido a que no permite la continuidad ni el crecimiento en una forma estable de los mismos al disminuir los recursos en algunos años. No obstante, en el año 2006, con la aplicación de la LOCTI las inversiones y aportes realizados por las grandes empresas de Venezuela fueron superiores al 1,36% y en el año 2007 se situaron en un 2,11% del PIB. A esos montos se le debe sumar los recursos financieros que tradicionalmente venía otorgando el gobierno a las actividades de CTI para llegar a un 2,69% del PIB en ese año. Esos porcentajes podrían catalogarse, en

términos teóricos, como el incremento histórico más relevante de cualquier país latinoamericano. Lo paradójico es que a cuatro años de la aplicación de la LOCTI no se aprecian mejoras significativas en los resultados de investigación de las universidades del país. Lo más llamativo del caso, es que en los años 2008 y 2009 esas instituciones sufrieron importantes reducciones en sus presupuestos.

Los anuncios del gobierno y las señales emitidas por personas vinculadas a las actividades de CyT que han estado discutiendo los cambios que se pretenden impulsar, colocan a la LOCTI en un escenario donde la incertidumbre atenta contra la asignación de recursos para los próximos años. Durante el año 2009 se han distribuido borradores de los cambios que se pretenden hacer a la LOCTI y a su reglamento desde el gobierno. Las consultas han sido restringidas y en tiempos extremadamente cortos para pulsar las opiniones de los profesores-investigadores. Al final de ese año no se conocía con exactitud si la Ley y su Reglamento cambiarían. Los dos escenarios que se están discutiendo traen aparejado cambios profundos que afectarían su forma y el fondo. El primer escenario le daría el control de un 50% de los recursos al gobierno y el otro 50% le permitiría a las empresas invertir o dar aportes. El segundo escenario le daría el control absoluto al gobierno para decidir cómo se utilizarían esos recursos.

Capital Intelectual en Ciencia y Tecnología: en Venezuela más del 90% de los investigadores trabajan en las universidades (la mayoría públicas) y ese hecho indica que esos investigadores tienen que dividir su tiempo en actividades académicas, de extensión y de investigación. En los 9 años examinados en el estudio ha habido un incremento sostenido de investigadores en el país. Venezuela tiene la ventaja de contar con sistema de acreditación que permite tener los datos actualizados de los investigadores. No obstante, en el año 2002 se realizó un cambio en el reglamento de ese programa que flexibilizó el ingreso de nuevos investigadores, pero sigue estando por debajo de lo que indican los organismos multilaterales. Si la ecuación establecida internacionalmente es de 1 investigador por cada 1000 habitantes, Venezuela tendría un déficit para el año 2009 cercano al 79%, tomando en cuenta que abrían unos 28 millones de habitantes en el país.

Publicaciones

Venezuela ha experimentado un incremento casi sostenido de en las publicaciones registradas en el Web of Science (WoS) en lo que va de siglo XXI. En el año 2004 se apreció una baja en el total de publicaciones que está relacionada con los problemas de orden político acaecidos en el país en los años 2002 y 2003 referidos a los despidos masivos de la industria petrolera. No obstante, los indicadores internacionales indican que la producción de artículos científicos de Venezuela en esa base de datos es baja, promediada con su población y con la propia comunidad científica. Para el año 2009 el país se sitúa por primera vez por debajo de Colombia en el total de artículos aceptados en el WoS, bajando al quinto lugar de Suramérica después de Brasil, Argentina y Chile.

Patentes

La propiedad intelectual en Venezuela ha retrocedido en los últimos años, debido a las medidas aplicadas por el gobierno. El total de patentes concedidas a nivel nacional a residentes y no residentes en diversas áreas tecnológicas, particulares, instituciones públicas y privadas, universidades y empresas. Desde el año 2000 en el cual se concedieron un total de 209 patentes, Venezuela ha experimentado un descenso significativo, preocupante y constante del registro y protección de la actividad en materia de propiedad intelectual. Estos procesos sin control atentan contra el patrimonio científico - tecnológico de un país y se convierten en factor de desmotivación para los actores generadores de conocimiento como las universidades nacionales y centros de I+D.

Postgrados

Venezuela cuenta con 153 programas de Doctorado. La mayoría se concentra en 4 instituciones públicas que se llevan el 63% del total. Esa realidad indica que gran parte de las fortalezas de la investigación en Venezuela está circunscrita a pocas instituciones.

En síntesis, en 4 universidades venezolanas se concentra el 70% de los investigadores acreditados en el PPI; el 45% de los artículos del WoS, todas las patentes y el 63% de los Programas de Doctorados.

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres digitales de

RIL® editores

Teléfono: 225-4269 / ril@rileditores.com
Santiago de Chile, mayo de 2010

Se utilizó tecnología de última generación que reduce el impacto medioambiental, pues ocupa estrictamente el papel necesario para su producción, y se aplicaron altos estándares para la gestión y reciclaje de desechos en toda la cadena de producción.