

EL ESTADO DE LA CIENCIA

Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología
Iberoamericanos / Interamericanos

2011



RED DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
IBEROAMERICANOS E INTERAMERICANOS



EL ESTADO DE LA CIENCIA



Principales Indicadores de
Ciencia y Tecnología
Iberoamericanos /
Interamericanos

2011

EL ESTADO DE LA CIENCIA

Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología
Iberoamericanos / Interamericanos
2011

El presente informe ha sido elaborado por el equipo técnico responsable de las actividades de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericanos e Interamericanos- (RICYT), con el apoyo de colaboradores especializados en las diferentes temáticas que se presentan. El volumen incluye resultados de las actividades del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS).

Para la edición de este libro se ha contado con recursos aportados por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (AECID), a través del Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos (CAEU/OEI).

Esta edición también cuenta con el apoyo de la Organización de Estados Americanos (OEA) e incorpora resultados de actividades desarrolladas en el marco de la Cátedra UNESCO de Indicadores de Ciencia y Tecnología.

Director del informe:

Mario Albornoz

Colaboradores:

Rodolfo Barrere (secretario técnico)
Agustina Roldán
Manuel Crespo
María Laura Trama

Colaboraron también en este informe:

Facundo Albornoz, María Guillermina D'Onofrio, María Victoria Tignino, Cristian Merlino, Matías Milia, Lautaro Matas, Pablo Jacovkis, Guillermo Anlló, Gustavo Lugones, Diana Suárez y Carmelo Polino.

Si desea obtener las publicaciones de la RICYT o solicitar información adicional diríjase a:

REDES - Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior
Mansilla 2698, piso 2, (C1425BPD) Buenos Aires, Argentina
Tel. / Fax: (+ 54 11) 4813 0033 internos: 221 / 222 / 224
Correo electrónico: ricyt@ricyt.org
Sitio web: <http://www.ricyt.org>

Las actualizaciones de la información contenida en este volumen pueden ser consultadas en www.ricyt.org

Quedan autorizadas las citas y la reproducción del contenido, con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

diseño y diagramación: Florencia Abot Glenz

obra de tapa y contratapa: Jorge Abot

impresión: Artes Gráficas Integradas (AGI)

ORGANISMOS Y PERSONAS DE ENLACE

PAÍS	CONTACTO	E-MAIL	ORGANISMO	SIGLA
ARGENTINA	Jorge Robbio	jrobbio@mincyt.gov.ar	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva	MINCYT
BARBADOS	Lennox Chandler	ncst@commerce.gov.bb	National Council of Science and Technology	NCST
BOLIVIA	Roberto Sánchez Saravia	rsanchez@minedu.gob.bo	Viceministerio de Ciencia y Tecnología	VCYT
BRASIL	Mariana Martins Rebouças	mariana.reboucas@mct.gov.br	Ministerio da Ciencia e Tecnologia	MCT
CANADÁ	Francois Rimbaud	Francois.Rimbaud@ic.gc.ca	Industry Canada - National Research Council	IC/NRC
CHILE	Paulina Lamatta	plamatta@conicyt.cl	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	CONICYT
COLOMBIA	Mónica Salazar	msalazar@ocyt.org.co	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología	OCYT
COSTA RICA	Leticia Duran Muñoz	leticia.duran@micit.go.cr	Ministerio de Ciencia y Tecnología	MICIT
CUBA	Jesús Chía	chia@citma.cu	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	CITMA
ECUADOR	Fernando Cornejo	fcornejo@senescyt.gob.ec	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación	SENESCYT
EL SALVADOR	Doris Ruth Salinas de Alens	dsalinas@conacyt.gob.sv	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
ESPAÑA	Belén González Olmos	bgolmos@ine.es	Instituto Nacional de Estadística	INE
ESTADOS UNIDOS	Robert E. Webber	rwebber@nsf.gov	National Science Foundation	NSF
GUATEMALA	Miriam Ivonne Rivera de Lacayo	ivriviera@concyt.gob.gt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONCYT
JAMAICA	Donald Miller	donald.miller@opm.gov.jm	National Commission on Science and Technology	NCST
MÉXICO	Octavio Daniel Lázaro Ríos	orios@conacyt.mx	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
NICARAGUA	Carolina Martínez O.	cmartinez@vicepresidencia.gob.ni	Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología	CONICYT
PANAMÁ	Lourdes Palma	lpalma@senacyt.gob.pa	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	SENACYT
PARAGUAY	Nathalie Elizabeth Alderete Troche	nalderete@conacyt.gov.py	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
PERÚ	Jesús Antonio Fernández Rojas	jfernandez@concytec.gob.pe	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONCYTEC
PORTUGAL	José Alexandre da Silva Paredes	aparedes@estatisticas.gpeari.mctes.pt	Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior	MCTES
PUERTO RICO	Mario Marazzi Santiago	mario.marazzi@estadisticas.gobierno.pr	Instituto de Estadísticas de Puerto Rico	
REPÚBLICA DOMINICANA	Andrés Guerrero	aguerrero@seescyt.gov.do	Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología	SEESCYT
TRINIDAD Y TOBAGO	Sharon Parmanan	sparmanan@niherst.gov.tt	National Institute of Higher Education, Research, Science and Technology	NIHERST
URUGUAY	Ximena Usher	xusher@anii.org.uy	Agencia Nacional de Investigación e Innovación	ANII
VENEZUELA	Johandry López	jlopez@oncti.gob.ve	Observatorio Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación	ONCTI

EL ESTADO DE LA CIENCIA



4

ÍNDICE



- PÁG. 7: PRÓLOGO: LA CIENCIA, LA
TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN
AMÉRICA LATINA
- PÁG. 11: **1.** EL ESTADO DE LA CIENCIA.
- PÁG. 13: **1.1.** EL ESTADO DE LA CIENCIA EN
IMÁGENES
- PÁG. 33: **1.2.** EXPORTACIONES DE AMÉRICA
LATINA EN LOS 2000: ¿ES AMÉRICA
LATINA MÁS PRIMARIA QUE NUNCA?

PÁG. 47:	2. ENFOQUES TEMÁTICOS
PÁG. 49:	2.1. LA INVESTIGACIÓN EN TIC EN IBEROAMÉRICA. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS
PÁG. 99:	2.2. MANUAL DE BOGOTÁ: HACIA UN FORMULARIO MÍNIMO COMÚN
PÁG. 125:	2.3. LA PROMOCIÓN DE CARRERAS CIENTÍFICAS EN LAS NUEVAS GENERACIONES. INDICADORES A PARTIR DE UN ESTUDIO REGIONAL CON ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA
PÁG. 135:	3. INDICADORES COMPARATIVOS
PÁG. 241:	ANEXO. DEFINICIONES DE INDICADORES SELECCIONADOS

LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN EN IBEROAMÉRICA

La presencia preeminente del conocimiento científico y tecnológico en todos los aspectos de las sociedades modernas es algo que está instalado y forma parte de la conciencia ciudadana; se ha incorporado en las agendas políticas y parece fuera de toda discusión. La educación, la vida cotidiana y la cultura no escapan a esa introducción creciente de valores, bienes, información y servicios que se nutren de los avances del conocimiento. A nivel discursivo, Iberoamérica no es la excepción. Se habla de la sociedad del conocimiento, de la economía del conocimiento y de la innovación, como las nuevas formas de alcanzar las postergadas aspiraciones de desarrollo.

El mensaje que se propala desde todos los foros, y resuena desde hace algunos años con fuerza en los países iberoamericanos, es que la prosperidad de los países va de la mano con el valor que agrega el conocimiento a los productos con los que se posiciona en el mercado. El éxito en la vida económica dependería así de la capacidad de gestionar el cambio tecnológico en la producción industrial y también en la producción primaria. Esta visión encuentra su apoyo en un discurso optimista sobre los efectos benéficos de la ciencia, según el cual la ciencia permite lograr mejoras en el bienestar humano a través de tecnologías que ella desarrolla para la salud, la producción de alimentos, la ingeniería y la comunicación. La ciencia nos permite, siguiendo este discurso, dar cada tanto un salto adelante, a través de descubrimientos científicos fundamentales como las TIC y la revolución genética, con el consecuente desarrollo de biotecnologías que permiten lograr mejoras en la salud y la agricultura.

La visión de la ciencia como reparadora y benéfica no es nueva, sino que comenzó a forjarse ya en el siglo XVII cuando el programa imaginado por Francis Bacon asignaba a la “filosofía natural” la misión de desentrañar las leyes de la naturaleza para ponerla al servicio de las necesidades humanas. La misma visión, reconfigurada, ha sido compartida en el siglo veinte y en los años que corren del actual, por distintas ideologías. John Bernal, destacado científico inglés y reconocido marxista, era enfático al sostener que la civilización, tal como hoy la conocemos, sería imposible sin la ciencia, ya que no solamente hace posible sus aspectos materiales, sino que está implicada en los aspectos intelectuales y morales de la sociedad. En

esa misma tónica, a principios de los setenta Daniel Bell anunciaba el surgimiento de la sociedad postindustrial; un cambio civilizatorio cuyo impulso proviene del conocimiento teórico y afecta la estructura social, la política y la cultura. Los teóricos del desarrollo latinoamericano desde los años cincuenta tenían ya muy clara la potencia del conocimiento científico y tecnológico como herramienta para la industrialización, el crecimiento económico y la modernización de estos países. “La investigación científica y tecnológica es una poderosa herramienta de transformación de una sociedad. La ciencia y la técnica son dinámicos integrantes de la trama misma del desarrollo; son efecto pero también causa; lo impulsan pero también se realimentan de él” escribían a principios de los setenta Jorge Sabato y Natalio Botana.

La visión optimista a veces parece no tomar en cuenta que la ciencia y la tecnología también conllevan riesgos. Actualmente se percibe, quizás en forma difusa, que han ayudado a crear nuevas amenazas, en el sentido de daños incontrolables que acechan a las sociedades en forma global. Se trata de riesgos tales como el efecto invernadero, las catástrofes nucleares, los derrames de petróleo, la desertificación y algunos usos de la manipulación genética, entre otros, que también han estado presentes entre las preocupaciones iberoamericanas en estos tiempos. Se trata de daños cuyo origen es imputable a la tecnología y a determinadas formas de su aplicación. Algunos de estos perjuicios son de naturaleza social. La innovación, por ejemplo, pese a sus atributos que le asignan un papel estelar en las políticas actuales de crecimiento económico, tiene muchas veces efectos negativos sobre el empleo, si no se toman recaudos para evitarlo. En el mismo sentido, la “destrucción creadora”, como llamaba Joseph Schumpeter a la innovación, puede ocasionar en América Latina la ruina de muchas empresas con dificultades para ser competitivas, generando una concentración que puede afectar la distribución del ingreso e incrementar la brecha social.

Cierto es que los riesgos no menoscaban la importancia de la ciencia y de la tecnología, pero ponen un toque de atención sobre las políticas que se deben adoptar, ya que no se trata sólo de aprovechar las oportunidades, sino de

controlar los posibles efectos negativos. Puede ser caracterizada como virtuosa aquella política de ciencia y tecnología que conduce a aprovechar los efectos benéficos del conocimiento científico, controlando impactos no deseados. Cabe preguntarse entonces si la política científica y tecnológica que se perfila en los países de Iberoamérica y en los foros regionales se nutre de diagnósticos realistas acerca de esta doble dimensión. ¿El malestar social que surge de la marginación y la pobreza, así como el deterioro ambiental se encuentran recogidos entre los elementos que orientan las políticas del conocimiento de esta parte del mundo? Los indicadores disponibles deberían dar algunos indicios acerca de ello, más allá de las limitaciones propias de las metodologías aplicadas, de la fidelidad de las fuentes disponibles y de la capacidad técnica instalada en las instituciones que los producen.

El conocimiento científico y tecnológico es el resultado de una actividad que se desarrolla en el seno de sociedades concretas y que se nutre de sus valores, sus capacidades y su cultura. La ciencia avanza, no solamente por el talento de sus científicos, sino por las decisiones políticas que asignan recursos, estimulan actitudes, fijan rumbos, evalúan resultados y asignan prioridades. Dos lecciones surgen de las últimas décadas: la primera, es que la política científica y tecnológica es la herramienta de la que se valen los gobiernos para lograr que sus sociedades se beneficien de los avances del conocimiento (algunos gobiernos latinoamericanos parecen estar tomando conciencia de ello). La segunda es que no basta con apoyar investigaciones básicas de calidad para generar con ello, automáticamente, mejoras sociales. Esta creencia ha sido desmentida en los hechos; una trama de elementos intermediarios es necesaria para que la ciencia produzca beneficios sociales. En este sentido, los indicadores de impacto social son inseparables de los de vinculación, los cuales a su vez deben dar cuenta de la existencia de redes de actores que relacionen las fuentes del conocimiento con su aplicación concreta.

El intento más reciente por asociar los avances de la ciencia y la tecnología con la actividad productiva llegó con la aplicación de políticas de estímulo a la innovación y con el confuso añadido de una *i* a la ya tradicional I+D. La innovación es el proceso de incorporar nuevas tecnologías y conocimientos de distinto tipo a las empresas, para mejorar su posición competitiva. Este proceso, sin embargo, consiste en una serie de actividades no solamente científicas y tecnológicas, sino también organizacionales, financieras y comerciales, capaces de transformar las fases productiva y comercial de las empresas. El estímulo a la innovación fue incorporado gradualmente en las agendas públicas, en el marco de las políticas de reconversión industrial que siguieron a la crisis de la energía de mediados de los setenta (en América Latina las políticas de innovación comenzaron a ser aplicadas varios años más tarde) y se estableció en un territorio difuso, entre las políticas industriales y las de ciencia y tecnología, e incluso las de educación superior. Esto se debe a que las innovaciones no siempre tienen que ver con la investigación; al menos con aquella que se

lleva a cabo en el propio país. El ejemplo de Corea y otros países de sudeste asiático es elocuente en tal sentido. Medir la innovación fue una tarea imprescindible para quienes se ocupan de indicadores.

Si bien las políticas de innovación suelen ser puestas bajo la responsabilidad de los organismos de ciencia y tecnología, su implementación requiere un tratamiento horizontal de colaboración entre varios ámbitos ministeriales. Siguiendo esta idea de horizontalidad, durante los años noventa una amplia producción bibliográfica desarrolló el concepto de los "sistemas de innovación". Esta idea pone sobre la mesa que la innovación es un hecho social, que involucra distintos actores e instituciones capaces de articularse positivamente en círculos virtuosos, reforzándose unos con otros en la promoción de los procesos de aprendizaje e innovación. Desde cierta perspectiva, el ámbito de estos sistemas está constituido por actores capaces de generar condiciones a nivel del país; a esto se refiere la expresión de "sistema nacional de innovación". En otros casos, el sistema de innovación puede ser analizado en espacios sociales más acotados, independientemente de las fronteras nacionales. En tal caso, la bibliografía refiere al concepto de "sistema social de innovación". Ambos enfoques están siendo progresivamente adoptados para la formulación de las políticas públicas en los países de Iberoamérica; en algunos casos, para la modernización de las instituciones y la creación o fortalecimiento de los vínculos entre ellas, en una nueva generación de entidades como las "agencias" o los "consejos de innovación" que apuntan a dinamizar las condiciones macro de los procesos innovadores. En otros casos, la mirada más restringida es aplicada para fortalecer conglomerados innovadores sectoriales o locales. La RICYT presta atención a estos procesos a través de su base de datos sobre políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe (www.politicasci.net).

La capacidad de un sistema de innovación está enraizada en los procesos de educación y capacitación. Por esta razón, en las últimas ediciones de El Estado de la Ciencia no se presentan solamente indicadores de I+D, sino también de educación superior, en lo que se refiere al número de egresados de grado y posgrado en las universidades iberoamericanas, por campos disciplinarios.

El Estado y un conjunto de instituciones hacen factible el proceso de innovación, pero esto no modifica el hecho de que los principales actores son las empresas; ellas son los "sujetos" del proceso de innovación, sin perjuicio de que una mentalidad innovadora debe ser capaz también de mejorar los hospitales, las escuelas y la pléyade de instituciones cuya misión es apoyar el desarrollo social, la cohesión y la calidad de vida. La RICYT acompaña el esfuerzo de muchos países en la realización de estudios de innovación y periódicamente da cuenta de ello. En esta edición de El Estado de la Ciencia se presenta un formulario elaborado por expertos de varios países para realizar las encuestas de innovación, con el propósito de colaborar a que sus resultados sean comparables.

En definitiva, la preocupación por la ciencia y la tecnología no es nueva en Iberoamérica. El pensamiento del

desarrollo basado en la industrialización sustitutiva de importaciones que surgiera hace décadas de la usina de la CEPAL había impulsado políticas concretas de ciencia, tecnología e innovación, tanto a nivel de cada país, como regionalmente. Aquellas políticas estaban centradas sobre el problema de la tecnología y ofrecieron una variedad de instrumentos, algunos institucionales, como el impulso a la creación de los institutos tecnológicos, otros vinculados con la transferencia de tecnología y otros orientados a la formación de recursos humanos, como los grandes programas de becas de Brasil, o -en el plano de la cooperación internacional- el programa de formación de recursos humanos de OEA. Algunos actores ilustres, como Jorge Sabato, Amílcar Herrera y Máximo Halty formularon propuestas originales de política científica y tecnológica. Algunas de estas propuestas tienen todavía vigencia, como el “triángulo de las interacciones” que sitúa la encrucijada del desarrollo en la capacidad que tenga un país para articular virtuosamente los tres vértices de un triángulo: el Gobierno, el sistema científico académico y la producción.

El fracaso del modelo de desarrollo basado en la industrialización sustitutiva de importaciones, sumado a los años de políticas neoliberales surgidas del “consenso de Washington” dieron por tierra con estas políticas, no solamente en los países más pequeños de América Latina, sino también en los más grandes. Hoy las circunstancias parecen estar cambiando. Por primera vez en mucho tiempo la economía de los países latinoamericanos acumuló varios años de crecimiento, si bien es cierto que como resultado de un contexto internacional favorable que ahora se está desinflando. ¿Fueron aprovechados los años de la bonanza y el crecimiento para sentar las bases de una nueva estructura productiva? En los próximos años se verá. Por lo pronto, la ciencia y la tecnología han entrado en la agenda de los gobiernos latinoamericanos. Casi todos ellos, en mayor o menor medida han fortalecido sus instituciones de política y promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación. A nivel regional, la cooperación en esta materia ocupa un lugar destacado en las cumbres iberoamericanas y en los foros de diálogo con la Unión Europea, entre otros. Esto permite plantear algunas preguntas, con mayor sentido estratégico. ¿Cómo se construye una sociedad del conocimiento en los países de Iberoamérica? ¿Qué ciencia y qué tecnología se necesitan para apoyar el logro de una solución a los problemas y demandas de estas sociedades? ¿Cómo se hace para aprovechar las oportunidades y eludir los riesgos? ¿Cómo hacer para consolidar una capacidad científica y tecnológica que sirva como instrumento de desarrollo, cohesión social y ciudadanía?

Una política científica y tecnológica que sirva como herramienta de desarrollo a los países de Iberoamérica debe ser pensada a partir de los desafíos que los países iberoamericanos deben afrontar. La RICYT ha puesto siempre en evidencia la heterogeneidad estructural de este conjunto de países. Son pocos los que cuentan con una capacidad industrial destacable. Hay además una tendencia hacia la re-primarización de las economías,

como muestra uno de los artículos publicados en esta edición. Algunos países cuentan con empresas capaces de competir a nivel mundial en ciertos sectores como la biotecnología, la agroindustria, el petróleo y la aeronáutica, pero ellas no son representativas del conjunto ni logran derrames de conocimientos ni propagan la innovación al resto del entramado productivo. La heterogeneidad estructural se presenta tanto entre países, como dentro de países y provincias o estados.

Los indicadores muestran además que las capacidades en I+D están concentradas en algunos países y en algunos temas, resultando insuficientes para el conjunto. El diagnóstico de la capacidad iberoamericana en ciencia, tecnología e innovación pone de manifiesto un rasgo común: la debilidad, más allá de que existen disparidades pronunciadas entre ellos. Ciertamente, es preciso diferenciar trayectorias, así como también distinguir momentos de avances y retrocesos en cada país, pero ello no puede enmascarar el hecho de que -con la relativa excepción de Brasil y de España- Iberoamérica ocupa todavía un lugar muy secundario en la escena internacional de la ciencia y la tecnología, lo que constituye un freno a la posibilidad de implementar estrategias de desarrollo basadas en el conocimiento.

Aumentar la inversión en I+D y fortalecer las capacidades básicas en lo referido al número de investigadores y tecnólogos formados en las disciplinas y campos más relacionados con los temas que se consideren prioritarios para la cohesión social es un objetivo que surge con la fuerza de la evidencia, de los indicadores que se presentan en este volumen. Ellos muestran que uno de los principales desafíos que deben ser afrontados es el de fortalecer las capacidades básicas en ciencia y tecnología (inversión en I+D, formación de recursos humanos, investigación básica de excelencia y articulación entre investigación y educación superior). Cómo desarrollar estrategias para crear y aplicar conocimiento científico y tecnológico en las actividades productivas es una de las grandes cuestiones pendientes en la mayor parte de los países de Iberoamérica. En este caso, de lo que se trata es de diseñar estrategias para la innovación tecnológica que no se apliquen solamente al sector manufacturero, sino también al sector primario y a la gestión de los servicios públicos. Del mismo modo, el desarrollo de estrategias para vincular la I+D con las demandas sociales es otro de los desafíos específicos para la política científica y tecnológica. El auge de las ciencias sociales en Iberoamérica, del que dan cuenta los indicadores de graduados universitarios que aquí se presentan, es una oportunidad de lograr que su orientación sirva de apoyo a mejores políticas públicas de desarrollo y cohesión social.