

CIENCIA Y DESARROLLO EN CHILE: CONSIDERACIONES PARA EL DEBATE

Resumen ejecutivo

La ciencia constituye un pilar fundamental de nuestro patrimonio cultural y de nuestro desarrollo social. Sólo sobre la base de una sólida capacidad de investigación científica local, Chile podrá alcanzar los objetivos de desarrollo económico-social que se ha propuesto. Es indispensable formular una política nacional estratégica en este ámbito. La ley conocida como Royalty II ha previsto destinar nuevos recursos al desarrollo de la ciencia y la tecnología, con especial énfasis en la competitividad y la innovación. Se requiere identificar y definir las relaciones de dependencia mutua y las interacciones entre ciencia, tecnología e innovación. La “cadena del conocimiento” es el mecanismo que articula la generación de conocimiento científico y su aplicación en tecnologías, la formación de recursos humanos y proporciona las condiciones que hacen posible la innovación.

Se requiere generar para las próximas décadas, una institucionalidad científica que facilite el desarrollo cultural necesario para responder a los desafíos de desarrollo social y económico de Chile. Esto implica debatir el proceso de desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación con una perspectiva política, social y económica estratégica.

A propósito del proyecto de ley conocido como Royalty II nos ha parecido pertinente intervenir en un necesario debate sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en el país. Este asunto nos incumbe no sólo como ciudadanos, sino como miembros de la comunidad científica y académica del país en nuestra calidad de integrantes de los Consejos Superiores de Ciencias y de Desarrollo Tecnológico del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT)

LA CIENCIA EN LA CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA, LA NACIÓN Y EL ESTADO

La ciencia ha desempeñado un papel fundamental en la construcción y desarrollo del país. En los inicios de la República, cuando todo estaba por hacerse, el gobierno chileno decidió la contratación de científicos para conocer sus fronteras, sus recursos naturales y en general las características físicas, económicas, culturales y sociales del territorio bajo su soberanía. A mediados del siglo XIX, el naturalista Claudio Gay cumplió con creces la tarea que se le encomendó. Su trabajo se tradujo en nuevos conocimientos sobre el territorio y el mundo natural, así como sobre la historia y la cultura, contribuyendo decididamente al proceso de organización de la República, la consolidación de la nación y la administración del Estado. Se sumaron a la tarea científica desplegada por Gay, Ignacio Domeyko, Rodolfo A. Philippi y Pedro Amado Pisis, entre muchos otros. La obra de estos naturalistas, sumada a la de personalidades como Andrés Bello y Diego Barros Arana, hizo posible forjar una nación que, gracias al conocimiento que generó tempranamente, tomó conciencia de su realidad natural, pero también de sus desafíos económicos, culturales, sociales y políticos.

Este proceso continúa en el siglo XX con diversas iniciativas estatales. Las ciencias tuvieron un papel esencial en la elaboración, entre otras cosas, de la Geografía Económica de Chile realizada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) en 1950. Esta iniciativa permitió perfeccionar los conocimientos sobre nuestro ambiente físico, económico y social como requisito indispensable para impulsar el proceso de industrialización. En esta misma línea se creó la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, (CONICYT) durante la década de 1960, entendiéndose la importancia estratégica de este ámbito en el desarrollo nacional. CONICYT ha contribuido desde entonces a la expansión de la investigación científica y a la formación de recursos humanos de excelencia, a través de sus diversos programas.

SITUACIÓN ACTUAL DEL DESARROLLO DE LA CIENCIA EN CHILE

La ciencia¹ en cuanto sistematización acumulativa de conocimientos teórico conceptuales es el sustrato que posibilita la creación de herramientas (tecnología) y la expansión de habilidades y capacidades (formación de recursos humanos). El quehacer científico hace

¹ De acuerdo a la definición contenida en el Manual de Frascati, la *investigación básica* consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.

La *investigación aplicada* consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.

El *desarrollo experimental* consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes.

El Manual de Oslo de la OECD define *innovación* como “productos de implementación tecnológica nueva y mejoramientos tecnológicos significativos en productos y procesos. Una innovación tecnológica se entiende como implementada si ha sido introducida en el mercado o utilizada dentro de un proceso productivo. Las innovaciones tecnológicas envuelven una serie de actividades científicas, tecnológicas, organizacionales, financieras y comerciales.

posible la utilización de los modelos apropiados para identificar problemas, encontrar las mejores soluciones y tener la capacidad de transferir estas soluciones a otros contextos y/o a otros problemas. En este sentido, la innovación responde a un desarrollo cultural que se sustenta en el conocimiento del mundo que provee la ciencia, y en su aplicación a los diversos ámbitos de la vida humana y la sociedad. Estas distinciones son fundamentales para formular y diferenciar los instrumentos que permiten la proyección del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, sustentándose recíprocamente en la formación de recursos humanos, sin perder de vista la unidad fundamental de la cadena del conocimiento.

La ciencia genera y construye la base social y productiva de la tecnología. La tecnología y la innovación se afincan en las capacidades y los conocimientos disponibles con el propósito de diversificar los bienes y servicios producidos por el país. El desarrollo de la capacidad científico-tecnológica alcanzada en Chile durante estos últimos años ha sido posible por la convergencia de varios factores que confluyen en la consolidación de la cadena del conocimiento, que van desde la creación de nuevo saber científico hasta su aplicación en esferas sociales y productivas.

En los últimos 25 años se han constituido diversos fondos destinados a satisfacer las necesidades de desarrollo científico, tecnológico y de formación de recursos humanos para el país. En este contexto FONDECYT ha sido un pilar relevante que ha permitido la expansión de las capacidades científicas y ha dado origen a iniciativas de mayor envergadura. Esto se aprecia, entre otras cosas, en la conformación del Programa Fondo de Investigación Avanzada en Áreas Prioritarias: Centros de Excelencia FONDAP, que cuenta actualmente con siete Centros.

Esta expansión ha redundado en un aumento del número de investigadores y en una mejoría sustantiva de la calidad de los científicos que se forman en el país. El volumen e impacto de su quehacer constituye una contribución directa al desarrollo económico y social de Chile. Según datos del MECESUP, entre los años 1999 y 2002 la masa de investigadores chilenos subió de 4933 a 5989, esto es más del 20%, mientras la creación de conocimiento, medida en publicaciones en revistas de corriente principal, subió de 2121 a 3003, entre 1999 y 2003, lo que representa un 42% de incremento².

DILEMAS Y PROYECCIONES

La proyección de nuestro desarrollo científico y tecnológico para la próxima década requiere tener claro cuáles han sido los factores que han sustentado el desarrollo actual y qué cambios serían necesarios en función de los futuros requerimientos. Sin embargo, no tenemos todavía una visión compartida acerca del tipo de desarrollo científico que el país requiere. Existen distintas visiones que expresan concepciones contradictorias y a veces equívocas en torno a estos temas, especialmente por la falta de un entendimiento común

² Disponer de un cuerpo académico que está realizando investigación de punta en algunos ámbitos, ha permitido hacer de Chile una plaza atractiva para estudiantes extranjeros, que cursan diversos programas de magíster y doctorados en el país. Este intercambio puede incidir en el futuro en la cooperación científica internacional, en la diplomacia, en la producción y en los negocios.

acerca del proceso denominado cadena del conocimiento. A nuestro juicio, es requisito previo concordar en definiciones precisas sobre las dependencias y articulaciones recíprocas entre ciencia, tecnología e innovación en relación con esta cadena del conocimiento ya mencionada.

Parte de los equívocos han surgido al priorizar la innovación como la vía para alcanzar niveles de desarrollo semejantes a los de países con quienes nos comparamos. Hoy se evocan algunos ejemplos paradigmáticos de desarrollo tecnológico y de innovación tales como Finlandia e Irlanda, asumiendo con entusiasmo que ello es fruto de una inversión orientada hacia los sectores tecnológicos en los cuales ocupan hoy posiciones de liderazgo mundial, en circunstancias de que es justamente gracias a las capacidades construidas previamente, en la consolidación de la cadena del conocimiento, que han alcanzado esas metas.

El análisis conceptual de las relaciones de dependencia e interacciones entre ciencia, tecnología e innovación nos permitirá diferenciar los ámbitos y los instrumentos necesarios para alcanzar el desarrollo que necesitamos. A nuestro juicio, la innovación es una actitud cultural que se sustenta en el conocimiento del mundo que provee la ciencia, y que posibilita por un lado generar, y por otro sacarle partido, a las herramientas conceptuales y tecnológicas de las que disponemos, identificar problemas, encontrar las soluciones apropiadas y tener la capacidad de transferir estas soluciones a otros contextos y/o a otros problemas. Es decir, podemos crear o modificar distintas soluciones a fin de ponerlas en circulación, pero ellas se sustentan en un saber que ha llegado a su fase creativa como resultado del aprendizaje acumulado y de la maduración alcanzada por ese saber.

Estas distinciones son fundamentales para formular y diferenciar los instrumentos que permiten la proyección del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, sustentándose recíprocamente en la formación de recursos humanos, sin perder de vista la unidad fundamental de la cadena del conocimiento.

CAPACIDAD CIENTÍFICA DEL PAÍS

Chile es un país que ha experimentado un desarrollo científico notable en los últimos veinte años. La creciente inserción internacional de los científicos chilenos, el crecimiento de los programas de doctorado y la diversificación de los temas de investigación son signos inequívocos de esta realidad. La situación actual ha sido consecuencia de políticas públicas que han estimulado el desarrollo científico en ciertas disciplinas. Existen diversos índices que permiten cuantificar los logros alcanzados, entre los que mencionamos dos: la productividad y el crecimiento de la producción científica.

**Impacto Global de la Producción Científica ISI en países con sobre 25.000 publicaciones
1981-2004**

País	Citas	Publicaciones	Impacto	País	Citas	Publicaciones	Impacto
Estados Unidos	103.702.768	5.324.806	19,48	Argentina	445.454	62.295	7,15
Suiza	4.610.522	241.119	19,12	Grecia	504.373	71.407	7,06
Suecia	4.702.118	274.852	17,11	México	434.415	64.433	6,74
Dinamarca	2.286.664	137.905	16,58	Serbia & Montenegro	192.118	29.046	6,61
Holanda	5.475.887	337.668	16,22	Polonia	1.052.975	164.670	6,39
Reino Unido ¹	41.760.635	2.646.818	15,78	Brasil	849.548	135.712	6,26
Canadá	10.391.707	689.780	15,07	Czechoslovakia ²	326.443	54.197	6,02
Finlandia	1.694.650	121.627	13,93	Taiwan	732.894	126.925	5,77
Bélgica	2.333.041	171.895	13,57	Singapur	236.955	42.579	5,57
Israel	2.362.438	177.701	13,29	Republ. Checa ³	242.895	44.750	5,43
Australia	4.896.203	376.566	13,00	Corea del Sur	715.121	140.383	5,09
Noruega	1.147.104	88.485	12,96	Bulgaria	159.379	33.088	4,82
Francia	10.941.864	855.597	12,79	China ⁴	1.618.653	350.036	4,62
Alemania	14.909.029	1.175.275	12,69	Arabia Saudita	112.533	25.712	4,38
Italia	5.933.372	509.312	11,65	India	1.545.450	356.671	4,33
Austria	1.323.732	113.799	11,63	Rumania	113.032	28.417	3,98
Nueva Zelandia	879.157	76.812	11,45	Egipto	175.490	45.038	3,90
Japón	13.463.653	1.225.057	10,99	Turquía	267.481	70.639	3,79
Irlanda	443.870	42.017	10,56	Rusia ⁵	1.090.198	302.726	3,60
España	2.837.374	315.673	8,99	Unión Soviética ⁶	1.261.765	366.214	3,45
Chile	265.626	31.466	8,44	Ucrania	166.169	64.273	2,59
Sudafrica	622.693	77.318	8,05	Otros Países	14.582.324	2.987.868	4,88
Portugal	292.918	38.218	7,66				
				TOTAL	252.466.935	18.111.722	13,94

FUENTE: ISI, National Science Indicators, 1981-2004

NOTAS:

1. Incluye: United Kingdom, England, Wales, Scotland y N. Ireland
2. Datos hasta 1993
3. Datos a partir de 1994

4. Incluye Hong Kong
5. Datos desde 1989
6. Datos hasta 1993

El cuadro anterior destaca que en el período comprendido entre los años 1981 y 2004, se originaron en el país 31.466 artículos científicos que fueron publicados en revistas ISI³. Estos artículos generaron más de 265 mil citas, lo que expresa su calidad científica, con lo cual el índice de impacto de Chile es de 8,44, el más alto de Latinoamérica y ligeramente inferior a España. En el año 2003 Chile produjo 18,8 publicaciones científicas por cada 100 mil habitantes, en tanto que Argentina 15,2, Brasil 9,1 y México 6,4⁴.

Chile posee una comunidad científica pequeña, si la consideramos en términos relativos a la población nacional, y la situamos en la perspectiva de otros países con los que a veces nos queremos comparar. Los modelos de desarrollo para este ámbito no son fácilmente replicables, pero suponiendo que lo fueran, estos datos indicarían que para alcanzar niveles superiores de desarrollo económico, social y cultural es necesario un crecimiento muy fuerte de la capacidad científica nacional. Para ello se requiere que el número de científicos en Chile aumente de manera significativa, en cifras que al menos tripliquen el tamaño actual. Ciertamente no es posible un crecimiento de esta naturaleza en el corto plazo, pero es necesario definir políticas de mediano y largo plazo que lo hagan posible. Entre otras cosas, es necesario proveer los recursos apropiados para que la masa de científicos requerida se forme y se desarrolle de modo que pueda hacer su aporte al país.

Los indicadores de Ciencia y Tecnología de CONICYT de los últimos 20 años demuestran, que el país no está aprovechando adecuadamente esos recursos, al no generar y mantener

³ ISI: Institute of Scientific Information. Es la base de datos que registra las principales publicaciones científicas en el mundo.

⁴ Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). www.ricyt.edu.ar

las condiciones necesarias para producir las cadenas de conocimientos requeridas. Un índice preocupante es la proporción creciente de buenos proyectos que concursan en FONDECYT y que quedan fuera por falta de recursos. Esto es particularmente importante para la formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología, ya que en el marco de los proyectos científicos y tecnológicos financiados entre 1982 y 2001⁵ se han realizado 6.360 tesis cuyos profesionales se desempeñan actualmente a lo largo del país en numerosas instituciones, como Universidades e Institutos de investigación públicos y privados. Sin embargo, en relación a la formación de científicos, sólo 337 Magíster y 402 Doctorados han realizado sus tesis en laboratorios de investigación apoyados por CONICYT y sus instrumentos de apoyo a la ciencia y tecnología.

Aunque el número de doctorados crece año a año, este crecimiento no puede proyectarse dada la limitada capacidad que el sistema (principalmente FONDECYT) tiene para absorberlos. Este problema, emerge como el gran cuello de botella al incremento en el número de doctores que el país requiere y que según los analistas debiera quintuplicarse en el mediano plazo para dejarnos en un pie comparable a nuestros vecinos (e.g., Brasil y Argentina). Un decidido fortalecimiento de estos y otros instrumentos, como los proyectos de postdoctorado, permitirá dar un salto cuantitativo en la capacidad de ciencia y tecnología que el país requiere para sustentar la innovación al servicio de la competitividad y desarrollo en las próximas décadas.

Lo anteriormente señalado contradice un argumento esgrimido con frecuencia al señalar que el gasto en investigación básica es alto en comparación con la investigación aplicada y desarrollo experimental. En efecto, del total del gasto destinado en Chile a la investigación y desarrollo durante el año 2003, que ascendió a 438 millones de dólares de ese año, un 31% se orientó a investigación básica, cifra que incluye el gasto destinado a los observatorios astronómicos. Si se excluye ese gasto, por tratarse de recursos de origen externo, la proporción baja a 21%. A la luz de lo logrado con tan sólo el 21% podría considerarse innecesario invertir más en investigación. Pero que el mito no nos lleve a engaño. Estas afirmaciones deben ser confrontadas en función de la necesidad de formación de recursos humanos altamente calificados y de la reproducción de las condiciones que permitan una cadena de conocimiento para asegurar la inserción de esos recursos humanos en función del desarrollo social y económico del país.

LA CIENCIA COMO FACTOR DE EQUIDAD Y DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL

Diversos autores señalan que el paradigma de una economía exitosa “es aquella en la que crecen tanto el ingreso como el consumo y que con este crecimiento económico también crecerá la calidad de vida”. No obstante, esta relación no es en absoluto lineal. En efecto, múltiples experiencias han evidenciado que una vez logrado un determinado nivel de crecimiento económico, la relación tiende a invertirse y el crecimiento empieza a producir costos sociales y culturales que no son compensados por el acceso a mayor consumo. Esto desemboca irremediabilmente en una inestabilidad sistémica con inevitables consecuencias políticas. El componente social (en su acepción más amplia) que aporta, entre otros, la

⁵ Considera el año de inicio de los proyectos de ese concurso que concluyeron el año 2004.

ciencia y también la tecnología, ofrece la posibilidad de introducir cambios al modelo de crecimiento, de manera de darle un mayor énfasis al desarrollo. Este desarrollo se logra necesariamente al entender el crecimiento como una consecuencia de políticas nacionales sólidas y explícitas en ciencia y tecnología.

Dichas políticas deben estar estructuradas sobre la base de la equidad y el desarrollo, sin perder la perspectiva de que investigación y desarrollo son condiciones determinantes para el crecimiento de la economía a tasas compatibles con metas de desarrollo económico y objetivos de integración y cohesión social. Para que esto ocurra es necesario debatir el proceso de desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación con una perspectiva estratégica política, social y económica.

CONSIDERACIONES FINALES

La ciencia constituye un pilar fundamental de nuestro patrimonio cultural, y es sólo en base a una sólida capacidad de investigación científica local que Chile podrá alcanzar los objetivos de desarrollo económico-social que se ha propuesto. En el actual escenario, donde gracias a la Ley conocida como Royalty II, se incrementarán los recursos destinados a este ámbito, tenemos la oportunidad de formular una política estratégica para contribuir a ese desarrollo, que permita diferenciar, articular y complementar la labor de la ciencia, la tecnología y la innovación como parte de este proceso. En este sentido, es necesario articular orgánicamente la ciencia, la tecnología y la innovación de manera de lograr un dispositivo eficaz y coherente que supere las actuales limitaciones del sistema. Ello implica entender que cada uno de estos ámbitos tiene objetivos y plazos de maduración distintos.

Una base científica amplia, sólida y equilibrada en las disciplinas que conforman el conjunto del saber, permitirá dar sustentabilidad a la economía basada en el conocimiento en este mundo cambiante. Permitirá crear las condiciones para una transformación social y aportará las herramientas necesarias para entender las nuevas realidades a las que se enfrenta nuestro país en un contexto de globalización.

Consejos Superiores de Ciencia y Desarrollo Tecnológico

Octubre 2005