

**RESUMENES, CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES FINALES**

**CHILE-CIENCIA 2000**  
Ciencia, Tecnología y Sociedad:  
Un Encuentro Necesario

Centro de Convenciones “Diego Portales”  
Santiago, 14, 15 y 16 de junio de 2000

**Convocado por:**

Academia Chilena de Ciencias  
Comité Nacional ICSU  
Consejo Nacional de Sociedades Científicas  
Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica – CONICYT

## PRESENTACION

Este documento, que entregamos hoy, se transforma en el testimonio de la voluntad y la necesidad que embarga a todos los que de una u otra manera estamos en el gran desafío de dar sentido y dirección al desarrollo científico y tecnológico nacional. En él se recogen todas las sugerencias y comentarios emanados de **CHILE-CIENCIA 2000: Ciencia, Tecnología y Sociedad: Un Encuentro Necesario**, evento que se realizó en el “Centro de Convenciones Diego Portales”, entre el 14 y 16 de junio del presente año.

Este Encuentro fue una invitación de la comunidad científica chilena, representada por la Academia Chilena de Ciencias, el Comité Nacional ICSU, el Consejo Nacional de Sociedades Científicas y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), para iniciar un nuevo diálogo con la sociedad de nuestro país, sobre el papel que la ciencia y la tecnología juegan en favor del progreso cultural y socioeconómico de Chile.

En estas páginas se refleja el proceso de búsqueda en el que nos encontramos, en el cuál, nuestra meta es que la Ciencia y la Tecnología nos permitan dar respuestas al desarrollo nacional, el camino hacia la modernidad y evitar que amplios sectores de nuestro tejido social y territorial vayan quedando peligrosamente atrás.

Este Encuentro fue el primer paso, todos aquellos que estuvieron presentes demostraron su interés por aportar con creatividad al engrandecimiento de nuestro país, una clara conciencia, en cada uno de ellos, de que las acciones y las decisiones que hoy tomemos son cruciales para el Chile del nuevo milenio. Cada uno asumió tareas y desafíos, con el fin de llegar al necesario y urgente desarrollo.

Nos encontramos en un momento oportuno para unir nuestras fuerzas. Vivimos un nuevo siglo, donde todo cambia y muy deprisa, se han instaurado nuevas maneras de trabajar, de hacer negocios, y Chile debe ocupar un lugar de importancia en este mundo global que surge ante nosotros, y entre todos podemos facilitar el paso a este nuevo estadio.

Ya tenemos un diagnóstico de la realidad de la Ciencia y la Tecnología, y del largo camino que queda por recorrer, además se ha sellado un compromiso generalizado de insertarnos en el mundo con celeridad.

Para las instituciones que convocaron a CHILE-CIENCIA 2000 y para su Comité Organizador, es altamente satisfactorio poder entregar este documento y manifestar, una vez más, su compromiso con las recomendaciones aprobadas en el Encuentro.

Como parte de este compromiso, las recomendaciones serán enviadas a las autoridades de los diferentes estamentos de la sociedad: Estado, Universidades, Empresas, Institutos Tecnológicos y Medios de Comunicación.

Es tarea de la Comunidad Científica y Tecnológica nacional, tomar la responsabilidad de asumir las recomendaciones generadas por ella misma, darles seguimiento y velar por su desarrollo futuro.

## INDICE

	<u>Página</u>
<b>RECOMENDACIONES FINALES</b>	5
<b>CAPITULOS CENTRALES</b>	
<b>Introducción</b>	9
<b>I. Ciencia, tecnología y sociedad</b>	
Introducción	13
La cultura en el ejercicio de la ciudadanía	14
La Ciencia beneficia la toma de decisiones de un país	14
Educación en Ciencias	15
La Ciencia y Tecnología en el desarrollo económico	16
Difusión científica y medios de comunicación	16
Acciones	17
<b>II. Ciencia, tecnología y educación superior</b>	
Introducción	20
La Universidad y la política de investigación del Estado	21
Investigación de excelencia no priorizada	21
Investigación en Areas Prioritarias	22
Investigación de carácter sectorial	22
Políticas de investigación de la Universidad	23
Postgrado	24
Internacionalización de la actividad científica	25
Transparencia del sistema	25
<b>III. Ciencia y tecnología para el desarrollo socioeconómico</b>	
Introducción	26
Tendencias actuales en políticas tecnológicas e innovación	27
La situación de Chile	30
Propuestas específicas para promover la investigación en la empresa	31
<b>IV. Institucionalidad para la ciencia y la tecnología</b>	
Introducción	34
Proposiciones para una nueva institucionalidad	36

Iniciativa inmediata y transitoria	36
Sobre la Ley de Ciencia y Tecnología	37
Sobre la creación de un Consejo Superior de Ciencia y Tecnología	38
Sobre las funciones ejecutivas de CONICYT	39
<b>RESUMENES DE CAPITULOS TEMATICOS</b>	41
<b>Responsables de Capítulos temáticos</b>	42
1. <b>Biología</b>	43
2. <b>Química</b>	45
3. <b>Matemática</b>	47
4. <b>Física</b>	51
5. <b>Informática</b>	53
6. <b>Ciencias Sociales</b>	57
7. <b>Historia</b>	60
8. <b>Ciencias Agronómicas</b>	61
9. <b>Astronomía</b>	65
10. <b>Medicina</b>	68
11. <b>Biotecnología</b>	71
12. <b>Ciencias Ambientales</b>	74
13. <b>Ciencias de la Tierra</b>	76
14. <b>Ciencias del Mar</b>	78
15. <b>Ingeniería</b>	81
16. <b>Ciencias de la Minería</b>	84
17. <b>Comunicación Pública de la Ciencia en Chile</b>	88
18. <b>Enseñanza de las Ciencias</b>	90
19. <b>Visión de los estudiantes de postgrado</b>	97
<b>ANEXOS</b>	
I. <b>Comité Organizador Responsable</b>	99
II. <b>Programa de CHILE-CIENCIA 2000</b>	100

# RECOMENDACIONES FINALES

## Recomendaciones al Estado

El Estado chileno debería:

- Conformar en el marco de CONICYT y con el acuerdo de la Presidencia de la República, una Comisión de alto nivel para que genere un proyecto de Ley de Ciencia y Tecnología. Esta Comisión debería incluir una adecuada distribución disciplinaria y la participación de las regiones. El proyecto de Ley de Ciencia y Tecnología debería considerar, entre otros aspectos, la creación de un Consejo Superior de Ciencia y Tecnología en CONICYT, otorgándole a esta institución un papel central en la generación, dirección y coordinación de políticas y acciones en este campo en el país. La adscripción de CONICYT al Ministerio de Educación debería estudiarse.
- Aumentar significativamente el apoyo financiero al desarrollo científico y tecnológico, revisando y evaluando los actuales mecanismos para optimizar el uso del conjunto de recursos. El presupuesto presentado por el Gobierno al Congreso debería mostrar conjuntamente los aportes del Estado al desarrollo científico-tecnológico en los diferentes sectores, para permitir dimensionar y analizar el esfuerzo que se está haciendo en esta área y el cumplimiento de la meta de llegar al 1,2% del PIB.
- Incentivar significativamente el desarrollo científico y tecnológico de las regiones del país, propiciando el trabajo conjunto de organismos regionales de ciencia y tecnología con CONICYT y apoyando el fortalecimiento de las universidades regionales.
- Fortalecer el desarrollo del postgrado nacional y estimular, mediante becas y otras acciones, la inserción de los graduados en las empresas, en las universidades e institutos.
- Identificar y apoyar a las universidades y otras instituciones con mayor capacidad de investigación. Estimular el desarrollo de instituciones que hacen esfuerzos medibles por mejorar su quehacer científico y tecnológico e incentivar la cooperación interuniversitaria.
- Implementar y fortalecer programas que eleven el nivel de la enseñanza de las ciencias y tecnologías en la educación preuniversitaria. Incentivar mecanismos permanentes de educación no formal de las ciencias y las tecnologías. Invitar a la comunidad científico-tecnológica a colaborar en estos programas.

- Promover la suscripción y principalmente la activación de convenios internacionales de colaboración científica y tecnológica, en particular con la región latinoamericana.
- Promover la asesoría de instituciones científicas y tecnológicas a los poderes del Estado.
- Propiciar la inversión privada en ciencia y tecnología a través de mecanismos tales como reducción de impuestos, aportes de capital semilla y capitales de riesgo, fomentando la participación de empresas en proyectos concursables.
- Evaluar periódicamente y con el concurso de la comunidad, el avance del desarrollo científico-tecnológico nacional. El próximo encuentro, con esta finalidad, debería organizarse en tres años más.

## **Recomendaciones a la Comunidad Científica y Tecnológica**

La comunidad de científicos y tecnólogos chilenos debería:

- Mantener una preocupación constante por la calidad y la modernidad de la enseñanza de la ciencia en todos los niveles del sistema educacional. Colaborar activamente con los profesores de ciencia.
- Fomentar los contactos de la comunidad organizada de las ciencias exactas y naturales con la comunidad de las tecnologías, las ciencias sociales y las humanidades. Forjar una organización que represente y recoja sus inquietudes en todo el país.
- Incrementar la interacción y el diálogo con el sector productivo y de servicios.
- Colaborar con el sector estatal para impulsar el desarrollo de políticas en Ciencia y Tecnología.
- Promover acciones para que la gente pueda recibir una adecuada información de las implicancias de los descubrimientos científicos y de su potencial impacto en la sociedad.
- Colaborar activamente en la formación de profesionales de la comunicación en ciencias y tecnologías.
- Propiciar la participación de jóvenes científicos y tecnólogos en sus actividades y directivas, y estimular la organización de los estudiantes de postgrado.

## **Recomendaciones a las Universidades**

Las universidades chilenas deberían:

- Desarrollar políticas de investigación estables que consideren el impulso de áreas emergentes interdisciplinarias, sin perjuicio de fortalecer las áreas ya consolidadas.
- Generar programas para mejorar la infraestructura necesaria para la investigación.
- Contribuir decididamente a la formación de los profesores de enseñanza parvularia, básica y media en las áreas científicas y tecnológicas.
- Despertar en los estudiantes de carreras profesionales el interés por el desarrollo tecnológico, la innovación y la investigación científica.
- Impulsar los programas de postgrado en ciencias naturales exactas y sociales, educación, tecnologías y humanidades. Renovar y fortalecer sus cuadros académicos mediante la contratación de jóvenes con formación de postgrado.
- Colaborar en proyectos y en la formación de recursos humanos para las empresas.
- Promover el fortalecimiento de la capacidad de investigación y desarrollo en las regiones del país. Elaborar proyectos interuniversitarios para formar masa crítica en las regiones.
- Incrementar sus contactos internacionales para generar proyectos conjuntos con universidades y otras instituciones del extranjero que permitan fortalecer y modernizar sus programas de investigación y formación.

## **Recomendaciones a las Empresas e Institutos Tecnológicos**

Las empresas e institutos tecnológicos deberían:

- Introducir criterios de excelencia e innovación tecnológica en el desarrollo de todas sus actividades y propiciar el uso y desarrollo de tecnologías de frontera.
- Incrementar sus actividades de investigación y desarrollo, aprovechando las oportunidades de financiamiento ofrecidas por proyectos competitivos concursables e imaginar y proponer nuevos instrumentos de financiamiento de la innovación.

- Participar en la formación de especialistas de postgrado e incorporarlos en sus grupos de producción, investigación y desarrollo. Debe considerarse la contratación de egresados de carreras científicas quienes, por su formación (independientemente de su área temática), podrán contribuir de manera decisiva al desarrollo de la empresa o de los Institutos Tecnológicos.

## **Recomendaciones a los Medios de Comunicación**

Los medios de comunicación deberían:

- Aumentar los espacios de difusión de los avances de la ciencia y la tecnología, con énfasis en la investigación realizada en Chile. Todo el mundo tiene el derecho a conocer lo que la humanidad ha descubierto.
- Trabajar conjuntamente con investigadores chilenos al comunicar y comentar resultados científicos y tecnológicos, para transmitir la fascinación de los descubrimientos.
- Incentivar el desarrollo de la comunicación científica y tecnológica y el perfeccionamiento de los comunicadores en este campo.

# INTRODUCCION

*La ciencia e ideas científicas han sido y son fuerzas enormemente poderosas capaces de promover el bien de la humanidad, y ellas no debieran ser subestimadas, tal como pasa continuamente estos días. Abdus Salam<sup>♦</sup>.*

## Presentación

En la era actual, marcada por una acelerada generación de conocimiento y una sustancial y desbordante transformación cultural, la ciencia y la tecnología son caminos necesarios para el entendimiento de los vertiginosos cambios que se están produciendo en nuestra sociedad, y de los efectos que éstos inevitablemente tendrán en nuestro desarrollo, en la independencia intelectual de sus protagonistas y en el ejercicio de la libertad de los seres humanos.

En Chile este comienzo de siglo coincide con el inicio de un nuevo gobierno y con la búsqueda de un modelo de país que pueda responder a las urgentes necesidades de sus ciudadanos, y que al mismo tiempo, sea capaz de reflexionar sobre su destino y sus valores y diseñar una estrategia para avanzar hacia ellos.

La comunidad científica chilena, representada por la Academia Chilena de Ciencias, el Comité Nacional ICSU y el Consejo de Sociedades Científicas junto a CONICYT, convocó al Encuentro Chile-Ciencia 2000 con la Sociedad de nuestro país. Se pretendía así iniciar un nuevo diálogo de carácter fundacional sobre el papel que la ciencia y la tecnología juegan en el desarrollo cultural y socioeconómico de Chile.

De acuerdo a la voluntad manifestada en diversas ocasiones por el Presidente de la República, el Encuentro ha sido un primer paso para definir una política de Ciencia y Tecnología, y en él quisimos:

- 1) Promover un debate nacional sobre el papel que deben cumplir la ciencia y la tecnología en el desarrollo de la Nación.
- 2) Establecer el necesario compromiso de la sociedad con la ciencia y la tecnología como agentes innovadores en el desarrollo nacional.
- 3) Identificar políticas y medidas que ayuden al desarrollo del sistema científico-tecnológico nacional en concordancia con las metas y objetivos del modelo del país que se desea construir.

Chile-Ciencia 2000 fue la culminación de un profundo proceso de discusión que la comunidad científica inició a comienzos de 1999 y que convocó a un amplio espectro de personas. Todos los documentos aquí presentados recogieron un

---

<sup>♦</sup> Face to face: Salam on Science and World Development, The Scientist, Volumen 2 (3), Febrero, 1988.

gran número de observaciones, y esperamos que este esfuerzo de consenso de la comunidad científica contribuya en la construcción de las grandes líneas del desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en nuestro país.

Cuatro grandes preguntas constituyeron el marco del Encuentro y corresponden a los cuatro capítulos de este documento:

- I. ¿Cómo se establece el diálogo permanente entre ciencia y tecnología y la sociedad chilena?
- II. ¿Cuáles deberían ser las políticas universitarias para favorecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en su ámbito?
- III. ¿Cómo podemos impulsar el desarrollo socioeconómico del país a través de la ciencia y la tecnología?
- IV. ¿Cómo fortalecer la institucionalidad existente para enfrentar los nuevos desafíos que nos esperan en este campo?

## **Marco Conceptual**

La ciencia y la tecnología son parte fundamental de la cultura y han adquirido progresivamente una mayor gravitación. A través de ellas, se entiende, se enriquece y se transforma el entorno y a quienes lo habitan. Hoy, el cultivo de las humanidades, de la ciencia y la tecnología son esenciales para entender, entenderse y para el ejercicio de la propia libertad. Es además, una condición imprescindible para hacer frente a los retos, tanto los culturales que el propio desarrollo científico y tecnológico van imponiendo, como a los de una economía cuya productividad y competitividad dependen, ante todo, de la calidad de los recursos humanos del país.

Chile optó por el desarrollo en el marco de una sociedad global de complejas interrelaciones. En este contexto, países pequeños que ya se han desarrollado y que en este proceso han sido exitosos, primero definieron una *estrategia, modelo o visión de país*, priorizando un sistema educativo enraizado en sólidas bases científicas que les permite la apropiación innovativa y el desarrollo de nuevas tecnologías.

La nueva estrategia país, que se está delineando en Chile, requiere una nueva visión de mundo y un esfuerzo importante por fortalecer la integración, la ciencia y la tecnología en nuestro proceso de desarrollo. Para ello, es importante distinguir los desafíos principales que enfrentamos como nación, las tendencias internacionales y analizar la experiencia de países desarrollados, lo que permitirá priorizar áreas, definir proyectos de mayor escala y producir la transferencia científico-tecnológica necesaria para el crecimiento de nuestra sociedad y los sectores productivos.

## **Desafíos**

En esta estrategia de país deben participar todos los estamentos relevantes y obtener un respaldo político amplio. Complementariamente, se debe socializar la

importancia y el rol de la ciencia y la tecnología y generar impacto en la opinión pública. Esto significa, iniciativas de la comunidad científica, del Estado y del sector privado, pues el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Chile debe ser un esfuerzo conjunto de todos.

El Estado debe liderar este desarrollo aportando lineamientos, recursos y acciones concretas respecto del sistema educativo, el rol de la ciencia en él, el desarrollo tecnológico y su absorción cultural en la sociedad, generando un debate social moderno que permita a Chile acceder a una nueva etapa de desarrollo en la naciente era del conocimiento.

Chile es un país pequeño en términos de población y el desarrollo de la ciencia y la tecnología pasa por la formación de científicos del más alto nivel, lo que implica fortalecer los estudios de postgrado, capturando talento regional, favoreciendo el capital humano como lo han hecho países desarrollados. Esto debe ser paralelo al mejoramiento del nivel técnico el que, en relación con el nivel profesional, está muy desmedrado en la actualidad.

En este marco, la generación de recursos humanos y la infraestructura científica debe ser acorde con un Chile descentralizado y en cuyas regiones crezcan grupos con masa crítica y competitivos.

El desarrollo de la Ciencia y la Tecnología requiere el fortalecimiento del propio sistema nacional de ciencia y tecnología, de modo que éste cuente con una institucionalidad que facilite y estructure las iniciativas en este campo y que esté basada en un programa unificado de Ciencia y Tecnología que defina prioridades nacionales, incluya un mejoramiento de la infraestructura y equipamiento y realice un adecuado seguimiento de las políticas y acciones definidas para el sector.

## **Estructura**

Los trabajos de CHILE-CIENCIA 2000 se desarrollaron en 4 sesiones plenarias, en cada una de las cuales hubo ponencias de destacados expositores nacionales y extranjeros y un documento de discusión.

También formaron parte del Encuentro las presentaciones de grandes áreas temáticas de la ciencia y la tecnología encargadas a Academias, Sociedades o grupos de personas. Los temas cubiertos fueron los siguientes:

Ciencias Agronómicas	Ciencias Sociales	Matemáticas
Astronomía	Difusión de las Ciencias	Medicina
Biología	Enseñanza de las Ciencias	Ciencias de la Minería
Biotecnología	Física	Química
Ciencias Ambientales	Ciencias de la Tierra	Historia
Informática	Ciencias del Mar	Ingeniería
Visión de los estudiantes de postgrado		

Las conclusiones y recomendaciones sobre cada una de estas áreas temáticas, se han resumido en los documentos anexos.

## Documento de discusión

Los capítulos que se presentan a continuación fueron elaborados, inicialmente, por comisiones que recabaron información, opiniones y propuestas de diversos sectores sobre cada tema. Después de la amplia difusión que se dio al documento de discusión preliminar, los capítulos fueron enriqueciéndose gracias a los comentarios, sugerencias y opiniones recibidos. Con el propósito de incentivar la participación nacional, integrantes del comité organizador sostuvieron reuniones en Arica, Iquique, Antofagasta, La Serena, Valparaíso, Talca, Concepción, Temuco, Valdivia y Punta Arenas. Las sugerencias vertidas durante el Encuentro fueron incorporadas, cuando fue posible, en este documento final.

Como resultado de lo anterior, los capítulos que se entregan han tratado de recoger y armonizar múltiples contribuciones, y traducirlas en una expresión de pensamiento colectivo de quienes contribuyeron con sus opiniones.

El Comité Organizador de **CHILE-CIENCIA 2000, Ciencia, Tecnología y Sociedad: un Encuentro Necesario**, ofrece a las autoridades de la Nación y a la comunidad científica las conclusiones y recomendaciones surgidas del Encuentro. Pero también las entrega a humanistas, empresarios, trabajadores y políticos, como una expresión de responsabilidad social porque\* : *“... cuando el pensar no es puro ni vigilante, cuando el respeto al espíritu ha perdido vigencia, dejan de marchar como es debido buques y automóviles, todo valor y toda autoridad se tambalea, tanto en lo tocante a la regla de cálculo del ingeniero como en lo que atañe a las contabilidades de bancos y bolsas, y sobreviene el caos... también lo externo de la civilización, también la técnica, la industria, el comercio, etc. Necesitan los basamentos comunes de una ética y de una honestidad del espíritu.”*

A todos los que contribuyeron de diversas maneras a la generación de este documento y a la realización del Encuentro, expresamos nuestro mayor reconocimiento y gratitud por haberse sumado generosamente a este esfuerzo. El Comité Organizador entrega este documento para mostrar a la sociedad chilena, a las autoridades de gobierno y a los legisladores, los sueños y esperanzas de los investigadores y su decidido compromiso a participar en la tarea de contribuir al desarrollo de un proyecto país de gran altura para este nuevo siglo.

---

\* Hermann Hesse, El Juego de los Abalorios.

# I Ciencia, tecnología y sociedad <sup>1</sup>

## Introducción

### 1

Hacer investigación en Ciencias y Humanidades en medio de limitaciones que pueden estimarse como cuasi constitutivas, no es fácil en un país como Chile, de desarrollo relativamente bajo en lo cultural y económico. A la creciente complejidad de la ciencia se suma el imperativo de conseguir su apropiación social. Sin ésta, la ciencia pierde parte de su potencial y empobrece el proyecto país. Si el conocimiento no es internalizado por nuestra sociedad, que exhibe un notorio analfabetismo científico, se genera una cultura sin palabras de futuro y se perderá la oportunidad de ser protagonista del conocimiento colectivo, del saber del mañana. El país requiere de una gran transformación cultural para integrar las humanidades, la ciencia y la tecnología a la sociedad, ya que el conocimiento y el pensamiento crítico siempre conllevan un enriquecimiento social, aún más en un mundo de información compleja y ambigua como el actual. Este enriquecimiento debe diferenciarse de las aplicaciones del saber, en que intervienen elementos políticos o sociales, y que pueden ser discutibles para el progreso humano.

### 2

La ciencia y la tecnología son parte fundamental de la cultura y han adquirido progresivamente una mayor gravitación. A través de ellas se entiende, enriquece y transforma el entorno y quienes lo habitan. Varios de los misterios que acompañaron al ser humano desde sus orígenes son ahora estudiados por la ciencia, lo que ha cambiado la realidad y la forma en que el hombre se entiende a sí mismo. Hoy, el cultivo de las humanidades, de la ciencia y la tecnología, son necesidades humanas esenciales para entender, entenderse y transformarse, y para el ejercicio de la propia libertad. Es por ello que la sociedad puede exigir que los científicos y los humanistas se sientan responsables del papel que desempeñan como primeros actores del desarrollo y futuro bienestar del país, y que estén disponibles para dar cuenta de sus logros y desafíos.

### 3

En un mundo que cambia rápidamente y genera una alta movilidad individual, frente a medios de comunicación cada vez más diversificados, con información abundante, incierta y creciente, en una cultura progresivamente globalizada y mercados que obligan constantemente a elegir, la educación es la base común de formación de la ciudadanía. Es además una condición imprescindible para hacer frente a los retos, tanto los culturales que el propio desarrollo científico y tecnológico van imponiendo, como a los de una economía

---

<sup>1</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Jorge Babul, Haydée Domic, Lilian Duery, Edgar Kausel, Manuel Krauskopf, Servet Martínez, Fernando Salvo, Enrique Tirapegui y Tito Ureta

cuya productividad y competitividad dependen, ante todo, de la calidad de los recursos humanos del país. Es necesario introducir elementos educativos en el país que, como en el caso de las materias científicas y humanistas básicas, refuercen la disciplina en el pensar, den la preparación cultural para enfrentar un mundo cambiante y permitan situar la tecnología en una perspectiva humanizadora.

#### 4

Por su tamaño, es difícil que el impacto económico que pueda tener Chile en el concierto mundial sea significativo. Sin embargo, países más pequeños han dejado y dejan huellas en él y se han distinguido por su impacto científico y tecnológico. Creemos que además de dar las condiciones para el desarrollo de sus habitantes, un país debe probar que sus perspectivas, su manera de construirse permite una mirada nueva, ideas, visiones, teorías, interpretaciones y técnicas que dan paso al enriquecimiento del ser humano en su conjunto. Tener como referente el devenir del ser humano e integrar lo que ello significa, debería ser un objetivo cultural en el país.

### **La Cultura en el ejercicio de la ciudadanía**

#### 5

Una sólida formación cultural, en particular científica y humanista, es constitutiva de la ciudadanía y muy especialmente le permite su ampliación y enriquecimiento. El conocimiento y la capacidad para procesar adecuadamente la información permiten tomar decisiones racionales, sin dejarse avasallar por un caudal de información que puede derivar en un catastrofismo cotidiano. La toma de decisiones en una democracia sobre temas de sociedad que tienen progresivamente un mayor componente científico y tecnológico, exige que la comunidad tenga los conocimientos necesarios para participar en tal debate; en caso contrario, nos quedaremos en lo puramente anecdótico, como ha sido el caso de la clonación, los alimentos transgénicos o las nuevas enfermedades. Por otra parte, la divulgación y valoración del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico son una necesidad creciente para construir sociedades más libres, equitativas y desarrolladas.

### **La Ciencia beneficia la toma de decisiones de un país**

#### 6

Nuestras elites, que deben legislar o tomar decisiones públicas que nos afectan, sea en lo cultural o económico, no han sabido o querido incorporar a la ciencia y tecnología como elementos básicos de tales decisiones. Esto no deja de sorprender hoy día, en que muchos responsables públicos y privados tienen estudios de postgrado. En los parlamentos de países desarrollados, la legislación sobre temas sensibles y debatibles, por ejemplo droga, aborto terapéutico o medio ambiente, ha contado con la participación de especialistas; en los comités

directivos de grandes empresas hay científicos cuya opinión aporta elementos que deben ser integrados en un mundo de alta complejidad. En abierto contraste con lo anterior, aquí sólo muy esporádicamente se consulta a los científicos, sociedades científicas y universidades que realizan investigación, y aún el Estado desaprovecha a instituciones que, como las Academias del Instituto de Chile, fueron precisamente creadas para constituir organismos consultores independientes de alto nivel. Concerniente a la empresa nacional, es de interés estudiar la magnitud de las inversiones en ciencia e innovación tecnológica para que el país y sus regiones cuenten con los elementos que permitan un diagnóstico claro sobre su capacidad de desarrollo.

## **Educación en Ciencias**

### **7**

Muchos de los problemas de la educación en ciencias en el país son comunes a todas las disciplinas del saber, y la necesaria reforma de estilo y contenidos involucra al conjunto de ellas. Un problema básico, es la falta de prioridades que se observa en los currículos educativos de enseñanza básica y media. En particular, se debe reforzar el currículo de las materias científicas e incorporar una visión actual de las disciplinas que integran las ciencias sociales, hay que crear lazos entre docentes e investigadores, fomentar la curiosidad científica desde los niveles más básicos e incentivar una cultura de la creatividad. La organización misma de la docencia debe ser puesta en cuestión, ya que es una observación generalizada que el maravillarse inicial de gran parte de los estudiantes desaparece a medida que avanzan los estudios, para derivar en un empequeñecimiento intelectual, que desgraciadamente ha ido permeando todo el ser nacional.

### **8**

El sistema educacional debe asumir el reto propuesto por los últimos gobiernos, en que el Estado reasume su rol fundamental en la educación, en cuanto a su modernización y al mejoramiento de la calidad de la enseñanza, con el fin de avanzar hacia una sociedad de conocimiento (de la cual estamos muy lejos), y se consiga la alfabetización científica de la comunidad, la construcción de un pensamiento crítico, el logro de una independencia de criterio en el educando, aumentar las potencialidades del alumno y crear las condiciones para la generación de vocaciones científicas. La educación es la base para el uso responsable de la libertad individual, la inserción de las personas en la vida social y la adquisición de capacidades a fin de participar adecuadamente en la vida moderna, de creciente complejidad e incertidumbre. La ciencia, como integrante esencial de la cultura, debe ocupar un lugar protagónico en la intención educativa del Estado.

## **La Ciencia y Tecnología en el desarrollo económico**

**9**

La historia de los países desarrollados demuestra que la ciencia y la tecnología, como factores determinantes para el progreso, requieren de sólidos grupos científicos y tecnológicos, surgidos de una comunidad informada desde el sistema educacional. El progreso socioeconómico de las naciones está íntimamente relacionado con la capacidad de los países de hacer ciencia y del desarrollo tecnológico que puedan implementar, esto es concebir, aplicar y distribuir el conocimiento. En particular, la globalización de los mercados, que hoy puede ser vista como una amenaza, podría ser una oportunidad para los países que la asuman como fuente del desarrollo de habilidades y tecnologías que potencien sus ventajas competitivas. Sólo el desarrollo científico y tecnológico puede dar valor agregado a lo que el país produce y permitiría insertar creativamente nuevas tecnologías. Es por ello que las discusiones estratégicas para el país, de valor agregado e innovación, deben incorporar a científicos y tecnólogos y no restringirse al ámbito político, empresarial y económico. Como aporte de los científicos en este ámbito destacamos el exitoso caso de REUNA, originado en un proyecto de investigación y desarrollo que introdujo Internet de forma pionera y ha generado propuestas empresariales innovativas que han involucrado a la empresa privada y al sistema universitario

## **Difusión científica y medios de comunicación**

**10**

El desafío de insertar a la ciencia en la sociedad toca a todos los individuos, grupos e instituciones y escapa a la sola comunidad científica, aunque ella tenga una gran responsabilidad. A pesar de los esfuerzos del Estado, aún hay desinformación entre los científicos de las necesidades que hay en las diversas esferas del país, y por otra parte, hay en la sociedad desconocimiento sobre la tarea que los científicos realizan. Aunque hoy existe claridad en los responsables políticos, culturales y económicos referente a la calidad de la ciencia producida en el país, medida en publicaciones; falta mostrar que el quehacer científico nacional también produce resultados concretos que la gente perciba y disfrute, lo que redundaría en un mayor diálogo entre científicos y usuarios de la ciencia.

**11**

Por otra parte, aunque la educación formal es la principal fuente del interés y motivación en temas científicos, ello no basta. Este reconocimiento llevó a los países desarrollados a fomentar la educación no formal, la que a través de distintos instrumentos complementa y potencia la educación formal en esos temas, para formar parte de la educación continua de los ciudadanos. Nuestro país ha ido consolidando el desarrollo de museos científicos, y ha iniciado esfuerzos en divulgación científica y educación no formal que deben continuarse, tanto de los

programas del Estado como EXPLORA, como de algunas importantes iniciativas privadas.

## 12

Los medios chilenos de difusión (prensa, radio y audiovisuales) están rezagados con respecto a la difusión y discusión de la ciencia internacional. Mientras en los países desarrollados el espacio dedicado a la ciencia y la tecnología ha aumentado progresivamente en lo cuantitativo y cualitativo (por ejemplo 20% de las portadas del *Time* en los últimos cuatro años han estado dedicadas a Ciencia y Tecnología), en nuestro país, sólo algunas honrosas excepciones entregan periódicamente algunos elementos científicos básicos que ayudan a entender el mundo actual. Por otra parte, la imagen del quehacer científico y sus protagonistas todavía no pierde en ciertos medios nacionales un carácter cercano a lo caricaturesco, ajeno a la actividad social y al hecho de que sus problemas tienen profundo impacto en cada uno de los habitantes del país. Esto se contrapone con la necesidad que manifiesta el conjunto de la sociedad de conocer más en ciencia y tecnología. En efecto, ha habido real fascinación por diversos programas científicos en los medios de comunicación y en una reciente encuesta nacional, 60% de los mayores acontecimientos del siglo seleccionados por los encuestados, se relacionó directamente con la ciencia y la tecnología.

## Acciones

### 13

Las acciones propuestas son específicas al tema Ciencia y Sociedad y se entiende que ellas se insertan en políticas que refuerzan la investigación científica nacional y el robustecimiento cultural y educacional del país.

### 14

Incorporar institucionalmente a científicos en las discusiones de temas relacionados, tanto del poder ejecutivo como el legislativo y judicial. Esto significa reconocer a las instituciones de alto nivel científico (Academia de Ciencias, Sociedades Científicas, Universidades que realizan investigación e Instituciones de reconocido prestigio en lo tecnológico), como consultoras para la selección de especialistas que lleven adelante estudios en estas materias.

### 15

Incentivar que en las empresas se cree una cultura de la excelencia, para que estén atentas “a la caza” del talento que la educación superior produce e incorporen de manera significativa a científicos y profesionales con experiencia en investigación. El conocimiento mutuo producido, contribuirá al desarrollo del postgrado por la generación de nuevas oportunidades, por otra parte, permitirá que la empresa comprenda los beneficios de contar con profesionales en

investigación, que la lleve a incorporar científicos en comités consultivos y de desarrollo, y que éstos participen en los niveles de decisión.

## **16**

Recuperar el papel fundamental que los profesores juegan en una sociedad moderna y culta, lo que significa sueldos dignos para que sus necesidades culturales sean debidamente incorporadas y satisfechas, ya que son básicas para su desempeño profesional. Esto implica un gran compromiso individual y colectivo de los profesores, actores esenciales para el gran esfuerzo educativo nacional. Por otra parte, dado que la ciencia juega un papel fundamental en el desarrollo cultural y social, se deben desarrollar políticas para incentivar la vocación científica y revertir el bajo número de profesores en Ciencias. Para el desarrollo profesional docente, se deben dar las facilidades y los incentivos académicos para la capacitación y el perfeccionamiento de los profesores, tanto en el ámbito metodológico como en su puesta al día en aspectos relevantes de la ciencia de hoy, mediante programas de formación continua debidamente acreditados, y en este último proceso las universidades deben jugar un rol protagónico. Hay que robustecer las organizaciones de profesores del sector que se reúnan con fines académicos para fortalecer los espacios de comunicación entre profesores y científicos.

## **17**

Introducir una educación científica contextualizada y significativa, es decir hacer realidad la transformación prevista por los Decretos DL40 y DL220 del Ministerio de Educación. Este esfuerzo implica la participación coordinada del Estado, los profesores, la comunidad científica, las universidades y los privados. Para ello se hace necesario promover una enseñanza activa - participativa donde se incentive la labor experimental, complementando la enseñanza de los principios básicos. Junto a introducir recursos que permitan habilitar lugares de experimentación en las escuelas y liceos del país, se debe buscar modalidades para el aprovechamiento de las capacidades instaladas en instituciones como universidades e institutos tecnológicos.

## **18**

Fortalecer programas de divulgación y valoración de temas científicos y tecnológicos, particularmente en la cobertura de los programas actuales de educación no formal e implementar nuevas líneas de trabajo, especialmente el desarrollo de una red de centros de ciencias regionales como espacios de interacción entre la comunidad científica, escolar y general; y fomentar la creación de espacios de contacto para alumnos, profesores, científicos y académicos (seminarios, ferias científicas, congresos).

## 19

Robustecer el periodismo mediante una formación que incluya elementos científicos básicos, incentivar la incursión de científicos en los medios de comunicación y crear mecanismos de apoyo para propiciar la comunicación, por parte de los científicos, de sus trabajos y de las implicancias que sean de interés público. Las exitosas experiencias en los medios de comunicación de periodistas y científicos, tanto en la prensa como en TV, deberían producir una mayor apertura en los responsables de los medios, llevarlos a hacer nuevas apuestas ya que difusión científica e impacto masivo no se contraponen. Por otra parte, se deben ocupar los espacios ya existentes en los medios para entregar información de mejor calidad, introduciendo las temáticas científicas y tecnológicas pertinentes.

## II

# Ciencia, tecnología y educación superior<sup>2</sup>

### Introducción

#### 20

En Chile hay universidades que realizan investigación y otras que no lo hacen. En este capítulo nos limitamos a constatar este hecho y a precisar que sólo se refiere a las primeras. Para saber si una universidad es de investigación (Research University) existen criterios internacionales ampliamente reconocidos. Si bien no se aborda el tema de las universidades que no hacen investigación, es importante señalar que deben evaluarse los criterios de acreditación, para que en el futuro, se distinga entre ambos tipos. Este capítulo sólo se refiere a la investigación en la universidad, que concentra una gran proporción de esta actividad. La investigación y desarrollo en Institutos del Estado y en empresas es materia de otros documentos.

#### 21

La investigación en la universidad responde, en líneas generales, a tres grandes requerimientos: los de la propia universidad, los definidos por el Estado a través de su política de investigación y los requeridos por el sector privado.

#### 22

Las universidades debieran definir programas de investigación estables, a largo plazo, de acuerdo con su potencialidad y prioridades, con independencia de las fijadas por otros sectores, sin excluir las iniciativas individuales de sus académicos más destacados. Para ello, deben tener financiamiento estatal dedicado a estos fines. El Estado deberá cautelar por una distribución equilibrada de los fondos, considerando aspectos temáticos y geográficos, sin descuidar la calidad. Las Universidades deben también responder a las demandas del Estado y del sector privado en materias de investigación y desarrollo. En la actualidad, las respuestas a esas tres demandas se confunden porque las fuentes de financiamiento se superponen y por la falta de políticas definidas, lo que produce distorsiones en el sistema y hace difícil su evaluación.

#### 23

Uno de los objetivos fundamentales de la investigación en las universidades es contribuir a la formación, a través de programas de doctorado y postdoctorado, de investigadores capaces de integrarse a diferentes ámbitos del quehacer nacional. El desarrollo de los programas de doctorado en Chile constituye una de

---

<sup>2</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Luis Aguirre, Juan Asenjo, Eduardo Bustos, Rafael Correa, Enrique d'Etigny, Pedro Gazmuri, Ricardo Maccioni, Manuel Martínez, Alfonso Muga, Ana María Prat y Eugenio Spencer.

las principales debilidades del sistema, siendo los doctorados en áreas tecnológicas casi inexistentes.

## **24**

Cada vez adquiere mayor relevancia la internacionalización de la actividad de investigación y desarrollo, la que debe ser enfocada como problema específico independiente de la cooperación natural que debe existir al interior de cada proyecto de investigación.

## **25**

Finalmente, las universidades tienen la responsabilidad de despertar en los estudiantes el interés por el desarrollo tecnológico, la innovación y la investigación científica. Para esto deberán incorporar actividades que fomenten esta actitud de valoración, mejorar el diálogo entre investigadores y alumnos, fomentar el espíritu creativo y el desarrollo de proyectos, formar academias para hacerse preguntas en torno a problemas específicos, estudiarlos y plantear soluciones, organizar congresos estudiantiles, etc. Más allá del papel de las universidades en estos aspectos, sería importante la existencia de un programa estatal para despertar el interés por la ciencia en la educación preuniversitaria como se ha discutido en el capítulo Ciencia y Sociedad.

## **La Universidad y la política de investigación del Estado**

### **26**

El Estado, además de tener la responsabilidad de fomentar la investigación de excelencia sin discriminar de acuerdo a prioridades, debe definir áreas prioritarias en el campo de la investigación científica y tecnológica y armonizar los distintos mecanismos de financiamiento estatales.

## **Investigación de excelencia no priorizada**

### **27**

El sistema FONDECYT, que promueve la investigación básica y aplicada de carácter individual definida por los propios investigadores, es importante y debe continuar. Sin embargo, el mejoramiento considerable que ha tenido la productividad de los investigadores chilenos, y por lo tanto, el aumento de la competencia, hace necesario algunas modificaciones a este Fondo. Los proyectos del concurso regular de FONDECYT deberían orientarse a la exploración de nuevas ideas, incorporando al mayor número de investigadores de todo el país. Con este objeto, el concurso regular debería financiar un gran número de proyectos de tamaño limitado y contemplar la posibilidad de optar a proyectos de menor tamaño para investigadores que se inician. Los proyectos más exitosos y de mayor potencial de desarrollo en el concurso regular, deberían concursar a

proyectos de mayor envergadura, (líneas complementarias, núcleos milenio, FONDEF, etc.)

## **Investigación en Áreas Prioritarias**

### **28**

Una manera, reconocida internacionalmente, para fomentar la investigación en temas prioritarios, es crear programas para establecer centros de excelencia en torno a problemas preferentemente interdisciplinarios, y no necesariamente en torno a disciplinas, como es el caso de la investigación desarrollada por departamentos o laboratorios en las universidades. Estos centros deben ser creados para un lapso limitado, dependiendo de las actividades propuestas y de los resultados esperados. Su constitución debe vincular a varias universidades. Además de la investigación, estos centros deben estimular la formación de postgrado, la cooperación internacional, su relación con el sistema productivo y difundir su actividad a la sociedad, especialmente en el ámbito de la Educación Básica y Media.

### **29**

La definición de las áreas prioritarias, en los diversos mecanismos de financiamiento que lo requieran, se hará tomando en consideración el impacto previsible para el desarrollo nacional y las capacidades de investigación existentes. En estas definiciones participarán tanto los investigadores como el sector productivo y el Estado.

### **30**

Otro instrumento de fomento es la participación en megaproyectos internacionales considerados prioritarios para el desarrollo nacional. Para ello el Estado debe crear un fondo especial y apoyar al sistema en la identificación de oportunidades y en el trabajo administrativo para acceder a ellas.

### **31**

La creación de redes temáticas en torno al estudio de problemas específicos, es otro mecanismo ampliamente utilizado, para el trabajo en áreas consideradas prioritarias. Estas redes pueden ser de carácter nacional o regional y acotadas en el tiempo.

## **Investigación de carácter sectorial**

### **32**

Además de FONDEF, creado para promover la investigación en áreas prioritarias en colaboración con el sector productivo, deberían existir mecanismos

para definir políticas sectoriales de investigación que cubran requerimientos de ministerios o instituciones especializados (Salud, Minería, Agricultura, Economía, Transporte, Defensa, Vivienda y Urbanismo, Conama, Instituto Antártico Chileno, SECTRA y otros). Será necesario entonces la creación articulada de fondos concursables dependientes de cada uno de los sectores involucrados. Estos fondos deben ser administrados por personal competente que garantice un diálogo eficaz con las universidades e institutos de investigación, y que sea capaz de coordinarse con todo el sistema de investigación, desarrollo e Innovación.

## **Políticas de investigación de la Universidad**

### **33**

Las universidades deben definir programas de investigación y desarrollo a mediano y largo plazo, acordes con sus propias prioridades. Para ello es necesario disponer de un aporte público específico, que sea entregado a las universidades para la investigación de acuerdo a criterios claros, a evaluaciones de las instituciones y a sus programas de desarrollo de investigación.

### **34**

El programa de desarrollo a presentar por cada institución, para ser financiado por dicho aporte, debería considerar dos tipos de proyectos: (i) proyectos que corresponden a actividades de investigación en curso cuya trayectoria (últimos 5 años) pueda ser evaluada; y (ii) proyectos que corresponden a nuevas actividades de investigación (áreas emergentes). Aquellas universidades que desarrollan una cantidad importante de investigación deberían destinar un porcentaje base del aporte a proyectos del tipo (ii).

### **35**

En el aporte público para investigación, es fundamental distinguir claramente tres ítems: remuneraciones, operación e inversión en equipamiento menor. Debe quedar clara la distribución para cada uno de ellos y establecerse mínimos y máximos de acuerdo al tipo de proyecto. Debe contemplarse además un ítem especial para equipamiento mayor y otro para infraestructura física.<sup>3</sup> En un primer período (tres a cuatro años) debería implementarse un programa reforzado de modernización del equipamiento y de la infraestructura física destinada a la investigación.

---

<sup>3</sup> Deberá crearse un fondo especial para la infraestructura física y equipamiento docente (laboratorios y bibliotecas) para universidades estatales y un programa de crédito, con estos mismos fines, para universidades privadas. Este crédito deberá ser respaldado por el patrimonio de la institución.

**36**

En este nuevo esquema, donde se otorgan recursos públicos para actividades de investigación previa evaluación, debe separarse claramente la investigación que se desarrolla con esos fondos de aquella que se realiza con fondos concursables externos y establecer un equilibrio entre ambas fuentes de financiamiento, ya que responden a filosofías diferentes. Se podría considerar por ejemplo, que a escala nacional, 75% de los investigadores de las universidades realicen su tarea de investigación con fondos provenientes del Aporte Fiscal y 25% con otros fondos (concurables, centros de excelencia, contratos u otros).

**37**

Es conveniente enfatizar la necesidad de separar el financiamiento de la docencia, del de la investigación.<sup>4</sup>

## **Postgrado**

**38**

Los Postgrados en Chile, especialmente los programas de doctorado, constituyen una de las principales debilidades del sistema universitario. En la actualidad existen varios programas que otorgan becas de postgrado, en forma totalmente descoordinada, lo que hace necesario el desarrollo de una política nacional coherente. El número de becas y programas de doctorado ofrecidos son muy insuficientes para cubrir las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Es fundamental que la política de postgrado estimule tanto la formación para la investigación como la formación para la actividad productiva industrial. Una de las consecuencias de esta política deberá ser la renovación de los cuadros académicos de las universidades e institutos de investigación.

**39**

La internacionalización de los programas de doctorado es hoy de vital importancia en dos sentidos: es fundamental que nuestros estudiantes pasen períodos de por lo menos un año en laboratorios de universidades extranjeras de primer nivel internacional, y que vengan a estudiar a Chile estudiantes de doctorado provenientes de otros países. Deberá mejorarse sustancialmente el programa de becas en el extranjero, acorde con las políticas generales de formación de recursos humanos para la ciencia.

---

<sup>4</sup> Se estima que la docencia, en la mayoría de los casos, debe financiarse exclusivamente con aranceles y Aporte Fiscal Indirecto. Habrá que estudiar la forma de distribuir ese aporte considerando por lo menos dos variables: una estimación gruesa del costo de la carrera y, luego, cuando se cuente con un buen sistema de acreditación del pregrado, la calidad de la docencia. Aquellas carreras consideradas por el Estado como estratégicas (ya sea por su valor social o por su contribución al desarrollo nacional) y cuya docencia no pueda ser financiada por aranceles más Aporte Fiscal Indirecto, deberán recibir un subsidio especial por parte del Estado.

**40**

Los programas de postdoctorado, etapa fundamental en la formación de investigadores, deberían contar con un financiamiento estable tanto por parte de las universidades, a través del aporte público para la investigación, como a través de fondos externos.

### **Internacionalización de la actividad científica**

**41**

La dimensión internacional de la investigación debe estar siempre presente. Así, la creación de un Fondo Especial para la Cooperación Internacional es hoy día fundamental. Todas las grandes universidades, los centros de investigación de prestigio, las agencias gubernamentales de financiación de la investigación, instituciones multinacionales como la Comisión Europea, tienen fondos especiales para cooperación internacional que requieren, para acceder a ellos, de acuerdos específicos y de fondos de contraparte.

### **Transparencia del sistema**

**42**

Es necesario crear un mecanismo eficiente de información sobre la actividad científica tecnológica e innovativa de las universidades cuando es financiada con fondos públicos. Los informes de avance y finales de los proyectos deben estar al alcance de todos, en lo posible a través de Internet, así como los fondos utilizados, las publicaciones, la formación de estudiantes, etc. Debe haber indicadores de éxito de los proyectos, que deben ser de dominio público.

### III

## Ciencia y tecnología para el desarrollo socioeconómico <sup>5</sup>

### Introducción

#### 43

Sin excepción, todos los países con un alto y sostenido crecimiento económico en las últimas décadas han desarrollado una actividad importante en investigación en ciencias básicas y aplicadas. Para que Chile se integre al grupo de países desarrollados, su economía debiera crecer en forma sostenida en 7-8% anual de manera que el producto interno bruto se duplique cada 10 años. Este alcanza hoy aproximadamente a US\$ 70 mil millones anuales, por lo que al ritmo de crecimiento señalado se podría lograr un producto cercano a US\$ 500 mil millones el año 2030.

#### 44

La incorporación de ciencia y tecnología a la actividad productiva aparece como requisito ineludible para ese gran salto, puesto que se ha demostrado que dicha incorporación constituye un elemento importante para la generación de riqueza. En efecto, nadie cuestiona que la innovación tecnológica representa el factor determinante para otorgar ventajas reales a quien la introduce en sus procesos productivos, puesto que el acceso a los restantes factores de producción (capital, trabajo no especializado y materias primas), se da aproximadamente en las mismas condiciones para todos los actores.

#### 45

La incidencia del componente científico-tecnológico en la producción de bienes y servicios es de particular relevancia para Chile, puesto que el país se ha orientado hacia una competencia abierta con otras naciones. Nuestro éxito en una economía globalizada depende del paulatino aumento del volumen y valor de los productos de exportación, lo que se logra incorporando nuevas tecnologías a los procesos industriales. Por lo tanto, la necesaria inversión en ciencia y tecnología, para que esta transición efectivamente ocurra, tiene una importancia equivalente a las que se realizan en áreas como educación, vivienda y salud.

#### 46

Un factor que atenta contra esta estrategia es el escaso interés que el sector empresarial ha mostrado tradicionalmente por las actividades de investigación y desarrollo (I & D). Ello podría deberse a que por muchos años

---

<sup>5</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Juan Asenjo, Joaquín Cordua, José Antonio Guzmán, Alberto Libedinski, Fernando Monckeberg, Rafael Vicuña, Pablo Valenzuela y Jorge Yutronic.

nuestras empresas operaron en un ambiente relativamente protegido, el que, además, presentó gran inestabilidad. Esto desincentiva las inversiones de largo plazo como es el desarrollo tecnológico. También ha influido una falta de diálogo con los científicos e ingenieros de las Universidades, la carencia de incentivos económicos o tributarios que hagan más atractivas las inversiones en I & D e incluso un desconocimiento de las ventajas competitivas que podrían obtenerse con la innovación.

La creación del FONTEC ha constituido una interesante iniciativa para superar estas limitaciones, aunque la demanda del sector empresarial por este beneficio ha estado por debajo de las expectativas iniciales. El sector académico, que realiza gran parte del esfuerzo de I & D del país, no está exento de responsabilidades en esta incomunicación con el sector productivo, puesto que en algunos sectores se estima que muchas veces este tipo de relación atenta contra la “pureza” de la ciencia. Sin embargo, la interacción ciencia-industria, particularmente importante para la formación de nuevas empresas de base tecnológica, no debería impactar negativamente en las tareas propiamente académicas. Por el contrario, debiera enriquecerlas en la medida que se desarrollen en forma abierta y de acuerdo a normas claramente establecidas. Esto permite que empresa y universidad colaboren sin renunciar a sus objetivos propios.

## **Tendencias actuales en políticas tecnológicas e innovación**

El papel preponderante del conocimiento científico tecnológico en la actividad productiva se manifiesta hoy en las siguientes tendencias que se dan en el ámbito mundial.

### **47**

a) En primer término, se observa que la actividad de desarrollo tecnológico ocurre cada vez más al interior de las empresas. En efecto, la velocidad del cambio técnico hace que cada vez se dé menos una forma tradicional de competencia en que todos los participantes en un mercado emplean la misma tecnología. Las empresas enfrentan, por lo tanto, una competencia innovadora basada en nuevos productos, nuevos procesos productivos y nuevas formas de organización y gestión, cuyas consecuencias son generalmente más radicales que las de la competencia con igual tecnología. La tecnología se ha convertido por lo tanto en un factor central que determina en mayor medida el éxito o fracaso de una actividad productiva. Esto lleva a que las empresas asuman, cada vez más, la responsabilidad de gestionar los cambios tecnológicos.

### **48**

Se observa además que, junto con el desarrollo de los países, aumenta la participación del sector productivo en el financiamiento y ejecución de los proyectos de I & D. Como consecuencia de lo anterior, muchos gobiernos aplican una estrategia de largo plazo orientada a maximizar la actividad de I & D realizada por el sector productivo. En lugar de expandir las responsabilidades del gobierno

en proporcionar servicios tecnológicos, reorientan recursos a promover que lo hagan las empresas.

#### **49**

b) Una segunda gran tendencia es privilegiar un enfoque cooperativo entre empresas y gobierno. Los sectores privado y público requieren cooperar para perfeccionar los mercados y para otras tareas del desarrollo productivo y social en las que convergen las políticas públicas con iniciativas privadas. Esas acciones establecen las bases para un desarrollo científico y tecnológico sostenido. Frecuentemente, por falta de confianza, se generan situaciones en las que el ámbito público invade el espacio privado sin tener las condiciones que le permitan tener éxito. Estas intervenciones inhiben el desarrollo de la iniciativa privada. En otros casos, hay una insuficiencia en las normas sobre el rol público, por ejemplo, en mercados altamente imperfectos.

#### **50**

Ejemplos importantes de cooperación son el financiamiento mixto de proyectos y programas de I & D, especialmente en el ámbito de la investigación precompetitiva; la formación de consorcios de empresas de un mismo sector para abordar en común proyectos de I & D que cuenten con subsidios públicos; la integración de personas del sector productivo en instancias de gobierno en materia de tecnología, por ejemplo, en los directorios de los fondos competitivos y de los institutos tecnológicos o la incorporación de investigadores de centros públicos en los órganos de dirección o en los comités de investigación de empresas.

#### **51**

c) Una tercera tendencia consiste en desarrollar en forma preferente la transferencia y difusión de la tecnología. Actualmente, numerosos gobiernos tienden a destinar mayores recursos del área científica y tecnológica a reforzar la infraestructura de transferencia y difusión de la tecnología, frecuentemente a expensas del financiamiento de grandes programas de desarrollo tecnológico (nucleares, espaciales, aeronáuticos). Además, estos gobiernos consideran que su responsabilidad consiste en asegurar que se provean los servicios, especialmente a las pequeñas y medianas empresas, y no necesariamente en proveerlos ellos mismos. En general, hay una tendencia a estimular que funcionen los mercados en materia de abastecimiento tecnológico. Así, por ejemplo, se fomenta la creación de redes de extensión tecnológica que ayuden a las empresas a adquirir y adoptar nuevas tecnologías de todos los que estén en condiciones de suministrarlas, en lugar de crear institutos gubernamentales especializados en cada sector, que operen desde el lado de la oferta de conocimiento. Por otra parte, en la medida que las propias empresas incorporen a científicos, la introducción de nuevas tecnologías se hará más expedita.

**52**

d) Una cuarta tendencia busca un mayor equilibrio en la asignación de recursos públicos a las actividades de I & D y a las actividades relacionadas. Para ello se incrementa el financiamiento público orientado a reunir y difundir información en los servicios geológicos, meteorológicos, estadísticos; a proporcionar servicios de normalización, meteorología, propiedad industrial, análisis, etc. y a realizar estudios de competitividad y de evaluación de las políticas públicas y mecanismos de estímulo a la innovación.

**53**

e) Una quinta tendencia es proporcionar capital semilla que ayude a pequeñas empresas innovadoras. Entre las inversiones en I & D y las inversiones del capital de riesgo hay un espacio formado por aplicaciones de tecnologías que requieren de capital semilla. Esos proyectos necesitan financiamiento para hacer el ajuste fino de la nueva tecnología ya que su rentabilidad es significativamente menor que la del capital de riesgo. Muchas veces esa función la cumplen empresas innovadoras que no siempre cuentan con todas las capacidades relevantes ni con el respaldo financiero para completar la puesta a punto de las nuevas tecnologías. A esto se debe la situación, frecuente en Chile, de que el primer innovador fracase y que sean los segundos o terceros que asumen el relevo, los que corrigen los errores alcanzando éxito tecnológico y económico. De ahí la necesidad de buscar mecanismos que proporcionen capacidad tecnológica y capital semilla para mejorar la probabilidad de éxito de innovaciones tecnológicas significativas. Más adelante, al abordar la fase empresarial de un proyecto de innovación se requieren recursos significativos que generalmente son aportados por otros agentes.

**54**

f) Una sexta tendencia consiste en una preocupación por lograr la estructuración de los sistemas nacionales de innovación (SIN), los que integran las capacidades públicas y privadas como un superconjunto de los sistemas de ciencia y tecnología.

**55**

g) Una séptima tendencia apunta a que los recursos públicos, e incluso aquellos privados compartidos, sean asignados a través de mecanismos que alcancen eficiencia y transparencia, los que consisten principalmente en concursos y licitaciones.

**56**

h) Por último, hay una tendencia a exigir que las instituciones que reciben recursos públicos deban dar cuenta de su utilización (*accountability*). Se demanda explicitar más los objetivos concretos de cada programa, así se facilita su evaluación y se privilegia el financiamiento a través de fondos concursables en

lugar de aportes institucionales. Además, se hacen evaluaciones independientes de la relación costo/beneficio de los programas y las instituciones. Es significativo que, como consecuencia de esta tendencia, en muchos países hayan desaparecido o estén siendo reestructurados institutos tecnológicos de gran tradición.

## **La situación de Chile**

### **57**

Las tendencias antes mencionadas se dan principalmente en países desarrollados con poblaciones relativamente grandes (USA, Inglaterra, Francia, Alemania, Japón), o reducidas (Escandinavia, Holanda, Canadá, Australia, Israel) o de economías emergentes (Corea). Nuestra realidad es diferente, todavía no se adecua completamente a las exigencias de una economía globalizada, como la que prevalece hoy en el mundo, en la cual la innovación tecnológica en la empresa resulta clave para posicionarse y mantenerse competitivamente en el mercado. Aunque hay un progreso notorio en esta materia, las empresas chilenas destinan aún pocos recursos al área de la I & D científico-tecnológica, situándose a sí mismas y al país en una posición de rezago frente a sus competidores internacionales, habiendo no obstante interesantes ejemplos positivos. El fortalecimiento de la capacidad de generación de conocimiento científico-tecnológico no sólo contribuiría a aumentar la competitividad de nuestras empresas, entrando de lleno en la denominada segunda fase exportadora o en una nueva etapa de la internacionalización, sino que crearía además una demanda por investigadores que podría contribuir significativamente a aumentar el tamaño de nuestra comunidad científico-tecnológica. Para ello, es indispensable que las empresas adopten una cultura de la excelencia, incorporando a ellas los mejores egresados de la educación superior, a jóvenes capaces de generar una visión de largo plazo. Una forma de lograrlo es que los estudiantes de postgrado vayan a las empresas y estudien sus problemas con los especialistas de éstas, contando con financiamiento para este tipo de experiencias. Por otra parte, es importante tener presente que las innovaciones no se dan sólo en las áreas de alta tecnología, sino en todos los procesos productivos. Por ello es necesario que todo el proceso educacional y de capacitación estén orientados a desarrollar la creatividad.

### **58**

Resulta importante, por lo tanto, implementar medidas que no sólo suplan estas notorias carencias, sino que también produzcan un cambio de mentalidad en el sector empresarial público o privado. Esas medidas se proponen a continuación, teniendo en consideración que la innovación tecnológica aplicada en una empresa puede resultar de su propio esfuerzo en I & D, adecuado al medio en que opera y al producto y al mercado que sirve, o bien puede ser una adaptación de una tecnología desarrollada en el exterior. Aunque esta última alternativa es muy legítima y en ocasiones resulta ventajosa, puede presentar el inconveniente de que la innovación llegue con un relativo atraso y establezca una relación de

dependencia con el que la generó. Por lo tanto, resulta necesario que las empresas chilenas que operan en rubros en que el país goza de condiciones naturales exclusivas o de claras ventajas competitivas (ejemplos: la fruticultura, silvicultura, pesca, minería, transporte interno, medio ambiente, etc.), sean fuertes en investigación y cuenten con personal especializado que esté atento a los desarrollos que se originan en el exterior. Es precisamente este personal idóneo el que estará en las mejores condiciones para establecer las prioridades de investigación al interior de las empresas y para evaluar la conveniencia y pertinencia de adaptar tecnologías foráneas. Por otra parte, el hecho que una fracción sustancial de nuestra actividad productiva se desarrolle en regiones, en circunstancias que el grueso de los científicos y tecnólogos del país labora en la capital, indica que es urgente incentivar la excelencia científico-tecnológica a nivel nacional.

## **59**

En su Programa de Gobierno, el Presidente de la República ha propuesto dar prioridad al desarrollo de la ciencia y la tecnología sobre la base del esfuerzo conjunto público y privado, procurando hacer de ellas un instrumento clave para nuestro desarrollo económico y social. Estimamos que para el exitoso cumplimiento de esta tarea, le corresponde al Estado un papel insustituible, generando un marco estimulante para la inversión en I & D en las empresas mediante diversos instrumentos, tales como incentivos tributarios o fondos concursables de distintos tipos. Para asignar los beneficios, el Estado debe considerar no sólo los fundamentos técnicos de las postulaciones sino también su tasa de retorno socioeconómico. Este apoyo estatal no debe limitarse sólo a la investigación propiamente tal, sino que debe incorporar también los trabajos de adaptación y perfeccionamiento de los diseños, de los productos y los procesos productivos, la calidad y la organización que utiliza la empresa.

## **Propuestas específicas para promover la investigación en la empresa**

### **60**

Promover el desarrollo empresarial en ámbitos de alto valor agregado, ya sea a través de la inversión extranjera como local, en particular en tecnologías de alto dinamismo. Negocios de mayor valor agregado provocan significativa demanda por I & D, en particular en las nuevas tecnologías de la información y comunicaciones.

### **61**

Reasignar al desarrollo, innovación y difusión de tecnologías los recursos provenientes del crédito a la exportación que se está desmontando como consecuencia de los acuerdos con la Organización Mundial del Comercio que Chile ha convenido.

- 62** Convocar a empresas, además de otras instituciones, a participar en la solución de problemas que tienen alto contenido tecnológico (por ejemplo, descontaminación).
- 63** Estimular a las empresas a incrementar los recursos invertidos en I & D, mediante la reducción de impuestos (ya sea a la renta u otros) con un límite porcentual anual. Para tal fin, deben establecerse criterios para identificar lo que constituye I & D y para definir los límites relativos del subsidio.
- 64** Fomentar el acceso a fondos concursables para I & D a través de los actuales instrumentos de subsidio (FONTEC, FONDEF, etc.), estableciendo mecanismos que favorezcan los esfuerzos sectoriales conjuntos (consorcios de investigación). Aumentar la difusión de estos instrumentos y promover una mayor participación de aquellos sectores empresariales que aún no alcanzan una participación relevante.
- 65** Promover que el FONTEC, el FONDEF y el FDI apoyen la incorporación de especialistas de alto nivel a los grupos profesionales de las empresas que ejecuten proyectos financiados por el fondo.
- 66** Estimular mediante subsidios la incorporación de científicos a las empresas, (medida contemplada en el actual Programa de Gobierno). Ello podría lograrse mediante becas para tesis de postgrado y proyectos de doctorado de relevancia industrial o a través de estancias de postdoctorado.
- 67** Estudiar la conveniencia de crear centros de I & D intermedios que actúen como nexo entre las universidades y el sector productivo.
- 68** Promover iniciativas que incentiven la industria del capital de riesgo, contando con la asesoría de economistas especializados y de empresarios financieros.

**69**

Crear mecanismos para proveer capital semilla para proyectos tecnológicos sin historia, sumando algunos recursos públicos a los capitales privados.

**70**

Mejorar los mecanismos de escalamiento productivo de las nuevas tecnologías desarrolladas en el país.

## **IV**

# **Institucionalidad para la ciencia y la tecnología<sup>6</sup>**

### **Introducción**

**71**

El actual ritmo de avance científico-tecnológico y la previsible aceleración de la generación y aplicación del conocimiento nos ha llevado a la Era del Conocimiento. En las próximas décadas, los países y sus pueblos surgirán y se desarrollarán o se sumirán en la pobreza y la dependencia intelectual, según la decisión con que se aborde el desarrollo de la ciencia y tecnología. Nuestro país, a pesar de sus esfuerzos, no ha hecho suficiente en este campo y está hoy mal preparado para enfrentar el desafío de esta era que comienza con el nuevo siglo.

**72**

En este contexto, se considera necesario revisar la institucionalidad con que cuenta el país para guiar y estimular el desarrollo científico y tecnológico. La ley que sustenta la creación de CONICYT, tiene más de 30 años y debe actualizarse con decisión a fin de que pueda ejercer en breve plazo los lineamientos, estrategias y prioridades que permitan delinear una política nacional moderna en Ciencia y Tecnología. Asimismo, se debe enfrentar en forma integrada y global el desafío de convertir a Chile en un país capaz de generar los conocimientos y las ideas necesarias para alcanzar en un futuro cercano un mayor desarrollo cultural y socioeconómico.

**73**

Es indispensable fomentar el cultivo de las humanidades y las ciencias sociales si se aspira a que el desarrollo del país no se centre sólo en superar la pobreza material. Este propósito es de gran importancia, y la política científica y tecnológica es uno de los medios para lograrlo. Pero, si se prescinde de las humanidades y las ciencias sociales –cuya reflexión se centra en el hombre y en nuestra sociedad– se corre el riesgo de promover un desarrollo contrario a lo que somos y escasamente coincidente con los rasgos propios de nuestro país.

**74**

Un problema fundamental que dificulta el desarrollo científico-tecnológico nacional es el reducido monto de recursos que el país invierte en este campo. A pesar de incrementos significativos en los últimos años, la inversión nacional

---

<sup>6</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Jorge E. Allende, José Joaquín Brunner, Juan Garbarino, Jorge Garrido, Luis Guastavino, Francisco Rothhammer y José Valencia. Posteriormente se recibieron sugerencias de la Sociedad de Biología y diversas instituciones que han sido registradas en este documento.

fluctúa entre 0,6 y 0,7% del PIB, monto muy inferior al dedicado por los países industriales a esta área.

## 75

Hay una notoria descoordinación entre los diversos mecanismos que el Estado tiene para impulsar el desarrollo científico y tecnológico. Esos mecanismos, en muchos casos, se han generado para resolver problemas puntuales sin una mirada general sobre las necesidades de un sistema científico-tecnológico que debiera crecer con organicidad y con un pensamiento de fondo. Una muestra palpable de esta descoordinación es que el país carece de un programa razonable para la formación de recursos humanos en Ciencia y Tecnología, elemento fundamental en cualquier esfuerzo para impulsar un campo cuyo principal componente son personas altamente capacitadas y con un espíritu de creatividad y de servicio.

## 76

En esta falta de coordinación se constata la poca relevancia que se otorga a la participación de las Universidades como agentes fundamentales de desarrollo científico-tecnológico. Asimismo, existen institutos científicos tecnológicos del Estado, dependientes de CORFO y otros ministerios, que se caracterizan por tener una alta calificación técnica e infraestructura pero carecen de suficientes investigadores calificados. Sin embargo, existe una serie de trabas burocráticas y administrativas que impiden su desarrollo. En estos centros hay depositada una importante cantidad de recursos que es parte de lo que invierte el país en el sistema científico tecnológico nacional. Es necesario realizar una evaluación de las actividades de investigación y desarrollo de estos institutos y determinar las medidas que permitan incorporarlos plenamente a un sistema competitivo de investigación científica y tecnológica. Los programas de investigación científico-tecnológica de los organismos de la Defensa Nacional deben también ser conocidos e integrados al esfuerzo nacional en este campo.

## 77

Otro aspecto que dificulta el desarrollo científico-tecnológico y sus aplicaciones en beneficio del país es el alto grado de centralismo que caracteriza la investigación científica. La Región Metropolitana y sus instituciones concentran cerca de 80% de las investigaciones y proyectos, lo que implica que gran parte del país no se beneficia del contacto con el ambiente crítico y creativo de la investigación y que los investigadores no toman contacto con los problemas relevantes y oportunidades existentes en las regiones.

La institucionalidad científico tecnológica debiera reconocer la necesidad de impulsar con vigor el desarrollo científico y tecnológico en las regiones del país, desarrollando vínculos entre organismos regionales (Consejos o Corporaciones Regionales de Ciencia y Tecnología) y el organismo de carácter nacional que tiene responsabilidad en esta área. Los organismos regionales deberían ser entes

autónomos, asesores de los gobiernos regionales e integrados por calificados representantes del gobierno regional, sector privado, universidades e instituciones de investigación. Debería asimismo reconocerse el papel fundamental que en este campo deben cumplir las Universidades regionales.

**78**

Otro de los aspectos negativos del estado actual del sistema científico-tecnológico nacional es la baja inversión que el sector privado realiza en investigación, desarrollo e innovación. Sólo entre 15 y 20% de la inversión en este campo es aportada por las empresas del sector privado. La competitividad del mundo en el siglo XXI requiere que las empresas, especialmente en los rubros en que el país tiene un lugar de privilegio, generen nuevos conocimientos, tecnologías y procesos que les otorguen una ventaja en los mercados mundiales. Es indispensable estimular al sector productivo chileno para que asuma esta realidad y que el país cuente con una institucionalidad que promueva y facilite la inversión, la innovación y el desarrollo por parte del sector productivo nacional.

## **Proposiciones para una nueva institucionalidad**

**79**

### **I. Iniciativa Inmediata y Transitoria**

Se sugiere el nombramiento de una Comisión de trabajo de alto nivel que, en el marco de CONICYT, concentre su trabajo en las siguientes tareas:

1. Recabar toda la información para generar un proyecto de ley de Ciencia y Tecnología que redefina el papel del Estado y sus mecanismos en el impulso del desarrollo científico-tecnológico.
2. Revisar el funcionamiento de los diferentes mecanismos que tiene el Estado para impulsar el desarrollo científico-tecnológico nacional y regional y proponer un mecanismo de coordinación entre ellos.
3. Generar opinión en temas clave para el desarrollo cultural y socioeconómico del país con base en estudios calificados que permitan proponer lineamientos que fundamenten una política nacional de desarrollo científico-tecnológico incluyendo las ciencias sociales y las humanidades.
4. Revisar y proponer prioridades con respecto al presupuesto asignado para apoyo al desarrollo científico-tecnológico en las diversas reparticiones públicas en el proyecto de presupuesto del Ejecutivo para los años 2001 y 2002. Estas recomendaciones debieran reflejar la decisión del Presidente de la República de incrementar la inversión del país en Ciencia y Tecnología hasta el 1,2% del PIB en su periodo de 6 años. Esta Comisión debería también ser consultada sobre los créditos con la banca

internacional que el gobierno suscriba en el área de ciencia, tecnología e innovación.

Como prioritarios en los incrementos de los aportes estatales la comunidad científica recomienda los programas de becas de postgrado y postdoctorado.

## 80

Esta Comisión de trabajo debe ser encabezada por el Presidente de la CONICYT y estar compuesta por destacados científicos y tecnólogos nombrados en consulta con organizaciones reconocidas de diferentes áreas incluyendo las ciencias sociales y humanidades, directivos de organizaciones gubernamentales con participación en ciencia y tecnología y de connotados personeros del sector productivo nacional. La Comisión debiera dar a conocer sus recomendaciones a la comunidad científica tecnológica y ser receptiva a sugerencias y críticas de esa comunidad.

Como aportes a esta Comisión de trabajo, presentamos las siguientes ideas:

## 81

- A. La Comisión debiera cesar en sus funciones al promulgarse la nueva Ley de Ciencia y Tecnología.
- B. El Consejo debiera estar compuesto por destacados científicos y tecnólogos nombrados en consulta con organizaciones reconocidas en diferentes áreas del conocimiento, incluyendo las ciencias sociales y humanidades, directivos de organizaciones gubernamentales con participación en ciencia y tecnología y de connotados personeros del sector productivo nacional. El Consejo debiera reflejar una adecuada presencia de las regiones.

## 82

### II. **Sobre la Ley de Ciencia y Tecnología.**

Serán funciones de esta Ley:

1. Definir y explicitar la función del Estado en el estímulo al desarrollo científico-tecnológico nacional.
2. Dotar a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de un consejo superior de envergadura nacional representativo de los diferentes ámbitos sociales involucrados en el diseño de país, que encabezado por el Presidente de la CONICYT, en representación del Presidente de la República, sea el encargado de coordinar las acciones del estado y de generar las políticas en ciencia y tecnología que permitan dotar a Chile de un sólido sistema de desarrollo de la ciencia y la tecnología acorde con los desafíos de la nueva era que comienza.

3. Para llevar a cabo dichas tareas, CONICYT deberá contar con la independencia, las capacidades, poderes y estatus gubernamental necesario para cumplir con su misión. Ello incluye la revisión o redefinición de su adscripción.
4. Definir y promover mecanismos que estimulen la descentralización del país en la actividad científico-tecnológica.
5. Definir y promover mecanismos que estimulen a las empresas del sector productivo nacional a invertir en investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

83

**III. Sobre la creación de un Consejo Superior de Ciencia y Tecnología como organismo de CONICYT.**

Serán tareas de este Consejo:

1. Asesorar al Presidente de CONICYT y por ende al Gobierno en materias de ciencia y tecnología.
2. Proponer estudios sobre temas científico-tecnológicos relevantes para el país, que permitan fundamentar el desarrollo de políticas que definan estrategias y prioridades nacionales.
3. Proponer políticas de coordinación de los diversos mecanismos de apoyo existentes para el desarrollo científico-tecnológico nacional con miras a generar una congruencia de sus acciones con las políticas nacionales.
4. Desarrollar un organigrama que establezca la nueva estructura de la gestión científico-tecnológica del país.
5. Proponer prioridades para el uso de los recursos del Estado destinados al desarrollo científico y tecnológico.
6. Proponer iniciativas de encuentros periódicos con la comunidad científico-tecnológica a fin de informarle sobre la marcha de las políticas y acciones definidas así como el desarrollo de estrategias que permitan la valoración de la ciencia y tecnología por parte de la sociedad chilena.
7. Dicho consejo será presidido por el Presidente de CONICYT.

#### **IV. Sobre las funciones ejecutivas de CONICYT.**

CONICYT debe coordinar, desarrollar y ejecutar las políticas y acciones definidas por el Consejo Superior de Ciencia y Tecnología en el ámbito general de la investigación en ciencia y tecnología.

El Presidente de CONICYT debe ser un destacado miembro de la comunidad científico-tecnológica, nombrado por el Presidente de la República.

Debiera estudiarse también la conveniencia de mantener la adscripción de CONICYT al Ministerio de Educación, o buscar otra alternativa.

En concordancia con lo que se ha propuesto en el Programa de Gobierno en Ciencia y Tecnología del Presidente Lagos, se considera indispensable incrementar las actividades de CONICYT en programas ya existentes y desarrollar nuevas líneas. Se estima fundamental fortalecer la formación de Recursos Humanos, aumentando en alta proporción las becas de postgrado y postdoctorado y creando una línea de subsidio para investigadores jóvenes. En esta misma línea, como un estímulo a la vinculación internacional, se deberían otorgar becas a jóvenes extranjeros e incentivar la contratación de doctores en ciencia y tecnología por universidades, empresas e institutos del Estado.

Otra nueva y necesaria actividad de CONICYT explicitada en el Programa del actual Gobierno, es el desarrollo de un programa de equipamiento mayor y la constitución de centros interinstitucionales de equipos y servicios de alto costo en beneficio de todos los investigadores del país.

Es también de gran importancia que CONICYT en conjunto con los gobiernos regionales, apoye la investigación científico-tecnológica en las regiones y estimule la colaboración interuniversitaria con la participación de Universidades regionales.

Un componente fundamental para alcanzar continuidad en el apoyo al desarrollo científico-tecnológico tiene que ver con el entendimiento, por parte de la sociedad chilena, de la importancia de la investigación científico-tecnológica endógena. Para promover este entendimiento y el diálogo entre la comunidad científico-tecnológica, CONICYT debiera fortalecer su Programa Explora y generar nuevas líneas en comunicación en ciencia y tecnología y colaborar con el Ministerio de Educación en el mejoramiento de la educación en materias de ciencia y tecnología en el ámbito preuniversitario. Debería también incrementarse el apoyo a las ciencias sociales y a las humanidades.

Los grandes avances de la ciencia y tecnología se logran, cada vez más, mediante esfuerzos internacionales, por lo cual es indispensable que la ciencia y tecnología chilena fortalezca sus vínculos con el mayor número de megaproyectos internacionales, participando con decisión en convenios binacionales y multinacionales que aseguren la presencia chilena en la ciencia mundial,

aprovechando las oportunidades de entrenamiento y cooperación que le interesen al país.

Asimismo, se considera de gran importancia la constitución de redes científicas regionales en América Latina que fortalezcan e incrementen la participación de Chile y de la región en el debate global existente sobre estos temas.

## RESUMENES DE CAPITULOS TEMATICOS

Una parte importante de CHILE-CIENCIA 2000 se abocó a analizar el estado actual y las proyecciones de grandes áreas de las ciencias y las tecnologías en nuestro país, sobre la base de documentos elaborados para tal propósito.

La preparación de estos documentos fue encargada a Sociedades Científicas, Academias, grupos y personas, con el mandato de darles amplia difusión para recoger la opinión de la comunidad especializada en el tema en el ámbito nacional.

Los documentos que recogieron estos análisis fueron discutidos en sesiones temáticas específicas dentro del programa del Encuentro. Las personas e instituciones que prepararon dichos documentos se responsabilizaron de introducir las adiciones y modificaciones que surgieron de la discusión en el Encuentro, para una posterior publicación en extenso de todos los capítulos temáticos emanados de esta reunión. De la misma manera, se prepararon resúmenes, con las principales propuestas recomendadas junto con las conclusiones generales del Encuentro, para ser entregados a las autoridades.

A continuación, se incluye la nómina de las personas responsables de los capítulos temáticos y los resúmenes de las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## RESPONSABLES DE CAPITULOS TEMATICOS

- |   |   |
|---|---|
| 1. <b>Biología</b>                                | <b>Nibaldo Inestrosa</b> , Sociedad de Biología de Chile  |
| 2. <b>Química</b>                                 | <b>Manuel Martínez M.</b> , Sociedad Chilena de Química   |
| 3. <b>Matemáticas</b>                             | <b>Samuel Navarro</b> , Sociedad de Matemáticas de Chile  |
| 4. <b>Física</b>                                  | <b>Juan Carlos Retamal</b> , Sociedad Chilena de Física   |
| 5. <b>Informática</b>                             | <b>Leopoldo Bertossi, Ricardo Baeza Yates</b><br>Sociedad Chilena de Ciencias de la Computación |
| 6. <b>Ciencias Sociales</b>                       | <b>Francisco Orrego</b> , Academia Chilena de Ciencias Sociales, Políticas y Morales            |
| 7. <b>Historia</b>                                | <b>Juan Eduardo Vargas</b> , Academia de Historia   |
| 8. <b>Ciencias Agronómicas</b>                    | <b>René Cortázar</b> , Instituto de Investigaciones Agropecuarias –INIA                         |
| 9. <b>Astronomía</b>                              | <b>Mónica Rubio</b> , Comité de Astronomía  |
| 10. <b>Medicina</b>                               | <b>Colomba Norero</b> , Academia Chilena de Medicina  |
| 11. <b>Biología</b>                               | <b>Juan Asenjo</b> , Comité Nacional de Biotecnología   |
| 12. <b>Ciencias Ambientales</b>                   | <b>Humberto Fuenzalida</b> , Comité de Cambio Global  |
| 13. <b>Ciencias de la Tierra</b>                  | <b>Luis Aguirre</b> , Sociedad Geológica de Chile   |
| 14. <b>Ciencias del Mar</b>                       | <b>Juan Carlos Castilla</b> , Programa Ciencias del Mar   |
| 15. <b>Ingeniería</b>                             | <b>Mauricio Sarrazin</b> , Instituto de Ingenieros de Chile                                     |
| 16. <b>Ciencias de la Minería</b>                 | <b>Javier Jofré</b> , Instituto de Ingenieros de Minas de Chile                                 |
| 17. <b>Difusión de las Ciencias</b>               | <b>Sergio Prenafeta</b> , Asociación Chilena de Periodistas Científicos - ACHIPEC               |
| 18. <b>Enseñanza de las Ciencias</b>              | <b>Fernando Salvo</b> , Asociación Nacional de Profesores de Ciencias                           |
| 19. <b>Visión de los estudiantes de postgrado</b> | <b>Daniel Pérez</b> , Representante estudiantes de Postgrado                                    |

# 1 Biología

*Sociedad de Biología de Chile*

Chile ingresa al nuevo milenio con un número de científicos de al menos un orden de magnitud menor que los países avanzados. Solo se gradúan 4 doctores por millón de habitantes al año en comparación a los más de cien que se forman en los países desarrollados. Asimismo, en Chile se publican un 10% del número de artículos por año con relación a la población cuando se lo compara con el mundo industrializado.

**(A)** Fundamental para el desarrollo de una disciplina científica es el contar con *recursos humanos calificados*. Por lo tanto es urgente:

- (i) *incrementar el número de becas de doctorado*. En todas las áreas de la Biología existe una cantidad insuficiente de científicos jóvenes debido a los escasos recursos para la contratación de investigadores por parte de las Universidades como a la escasez de becas de doctorado con las cuáles los jóvenes recién egresados puedan continuar su formación de postgrado. Esto desmotiva a la juventud en sus deseos de dedicarse con pasión y entrega total a la investigación científica.
- (ii) *fortalecer los programas de doctorado y desarrollar áreas de investigación pobremente representadas en Chile, como por ejemplo la Bioinformática y la Genómica Funcional y Proteómica*. Los recursos para investigación son insuficientes con relación al número de proyectos de calidad presentados normalmente en los concursos de FONDECYT. También son insuficientes para asignar a cada proyecto el monto adecuado en recursos necesarios para su ejecución a nivel competitivo con la ciencia en el ámbito mundial. Especial mención debe hacerse de la *escasez de recursos para la adquisición de equipos mayores, como por ejemplo: aparato de difracción de Rayos X, espectrómetro de masa, resonancia magnética nuclear > 600 MHz, dicroísmo circular y sistema Biacore para el análisis de la interacción ligando-receptor*

En particular, Chile no puede carecer de especialistas en áreas tan relevantes como la *bioinformática* justo en el momento en que deberemos comenzar a leer y comprender el genoma humano ya descifrado. Junto a la Bioinformática, la *Genómica funcional y proteómica*, vale decir, el estudio de la estructura y función de los genes y de las proteínas codificadas por ellos, es también una problemática del más alto interés. Esto implica enfoques experimentales novedosos (Por ej: secuenciación automática de DNA, comparaciones entre organismos, DNA microarrays etc),

- (B)** Con relación al *postgrado*, podemos decir que este ha representado solo un esfuerzo marginal de algunas universidades. Es por lo tanto imprescindible:
- (i) Una política de Estado que promueva e incentive a algunas universidades a asumir el compromiso institucional de convertirse en universidades de investigación.
- (C)** La generosa extensión y geografía de Chile obliga a desarrollar una investigación biológica de alto nivel en las *regiones del país*. Sin ésta, es imposible obtener las respuestas que el desarrollo regional impone. Es necesario, entonces:
- (i) Fortalecer núcleos de investigación regionales a través de fondos concursables que permitan tanto inversiones en infraestructura como la captación de jóvenes científicos para sus plantas académicas.
  - (ii) Generar instrumentos que comprometan a los centros académicos regionales a mantener e incentivar los programas de investigación en biología fundamental y aplicada para consolidar la masa crítica que requieren y contribuir decisivamente al desarrollo regional.
- (D)** La Sociedad de Biología de Chile enfrenta un importante desafío. La democracia exige crecientemente tanto *alfabetismo científico* como *una sociedad informada* y capaz de comprender conceptos básicos acerca de la naturaleza de las cosas y de la vida. Al distinguirse como la Sociedad Científica que concentra al mayor y más distinguido núcleo de investigadores chilenos, le corresponde un claro *papel protagónico en la toma de decisiones especializadas que requiera el desarrollo del país*, por ejemplo en relación con el desarrollo sustentable:

La creciente preocupación pública respecto de los problemas ambientales y los tópicos ecológicos en Chile significan nuevos desafíos para la Sociedad. La promulgación de una ley relacionada con el uso, manejo y protección del medio ambiente y la puesta en marcha de sus reglamentos, así como la implementación de una política ambiental, requiere de una rigurosa aplicación del conocimiento ecológico, respaldado en adecuadas bases científicas.

## 2 Química

Manuel Martínez M., Eduardo J. Delgado, Renato Sarriego B.  
*Sociedad Chilena de Química.*

### Recomendaciones

1. Incrementar los recursos asignados para investigación, en función a la calidad y pertinencia de los proyectos, evitando la congelación de recursos en función de criterios históricos. Los parámetros de excelencia deben ser dinámicos y no debiera confundirse productividad con calidad.

Resulta interesante destacar que en el año 1997, la suma de recursos para química fue de 421 millones de pesos asignados a 18 proyectos y un 6,5% del total de recursos, mientras que en el año 1999, la suma fue de 476 millones de pesos y correspondió a 29 proyectos y un 8,0% de los recursos. No se ha efectuado corrección monetaria, por lo que se puede deducir que se asignó menor cantidad de recursos por proyecto.

2. Debe buscarse un sistema de incentivos a la contratación de químicos, con estudios de postgrado en el sector productivo nacional. En Chile, un número significativo de los investigadores trabaja en el sector universitario (más de un 70%), otro grupo en institutos (casi un 20%) y en las industrias, menos de un 10%. De esta forma se podrá fortalecer los vínculos entre el sistema de investigadores del sector productivo y universitario y será posible promover la innovación tecnológica en las empresas.
3. Las universidades deben buscar formas para renovar sus equipos de investigación en el mediano plazo. Una característica preocupante, es la escasa cantidad de académicos menores de 35 años, que integran los actuales equipos de investigación. De la muestra aquí utilizada, de 277 académicos, sólo un 8,3% es menor de 35 años, siendo el 76,5% mayor de 45 años.
4. Deben fortalecerse los programas de postgrado mediante el apoyo financiero a través de becas. Creemos, como lo establece la Comisión II, que el número de becas y programas de doctorado ofrecidos, es muy insuficiente para cubrir las necesidades de un mayor desarrollo científico-tecnológico.
5. Predecir el crecimiento que debiera experimentar la disciplina en Chile, así como establecer áreas emergentes y prioritarias, requiere de un análisis específico, en función de indicadores preestablecidos (ver Comisión II: Ciencia, Tecnología y Educación Superior). Por lo tanto, los autores de este trabajo se han limitado a mencionar una lista de líneas de investigación, de

amplio crecimiento a escala internacional, sobre las cuales en el futuro debiera haber una definición.

6. La comunidad dedicada a la química, es pequeña, bien preparada, con buena productividad en las áreas actuales en desarrollo, pero enfrenta problemas a futuro, los cuales se incluyen en los análisis hechos por la Comisión II, "Investigación y Universidad", que plantea los problemas transversales, que aquejan a toda la comunidad científica.
7. Si bien es cierto algunos indicadores muestran el rápido crecimiento de los recursos dedicados a la investigación y de sus resultados científicos y tecnológicos es, a nuestro juicio, la institucionalización del Sistema lo que debe permitir que en el futuro la inversión pública y privada en capital científico y tecnológico rinda los frutos deseados, es decir, alcance el grado de eficiencia exigible a cualquier actividad en las sociedades más avanzadas.

A partir de los datos, cabe deducir que nuestro país cuenta con recursos cuyo elemento esencial es el sector público, tanto en lo relativo a la financiación de las actividades de investigación y desarrollo, como en cuanto a su ejecución. En este sentido, la promoción y apoyo de la innovación tecnológica en las empresas debiera servir como guía principal de la política científica y tecnológica en los próximos años, estimulándose su desarrollo hacia áreas más aplicadas y de mayor beneficio para la sociedad chilena, pero sin descuidar aquellos grupos que desarrollan su creatividad y contribuyen definitivamente a mantener un sistema crítico y pensante en la disciplina.

### 3 Matemáticas

Para que un país logre definitivamente su autonomía cultural y tecnológica necesita preocuparse de desarrollar una política científica adecuada, para abordar los complejos desafíos que deberá enfrentar. En el proceso de desarrollo de esa política, cada toma de decisiones deberá estar, en todos los ámbitos del quehacer nacional, fundamentada en el conocimiento tanto de gestión como especializado. Asimismo, deberá existir una conducción adecuada del proceso de preparación de la política científica que considere especialmente la participación de sus principales actores y la de los organismos que los representan.

Grupos de matemáticos se han ocupado de las necesidades de las empresas productivas. Resta a la comunidad matemática nacional, ocuparse de la tarea global a nivel país que significa la consolidación de todos los grupos de investigación existentes, la continuación de la formación de cuadros científicos de excelencia, el mejoramiento de la calidad de formación de profesionales, la formación de maestros, la enseñanza de la Matemática en el ámbito escolar y lo relativo al *aggiornamento* indispensable de esta ciencia en los diferentes niveles. En resumen, asumir la tuición desde la alfabetización matemática de la población del Chile de hoy hasta la promoción y apoyo a la erudición en la ciencia matemática.

#### **Necesidades**

##### **I) Investigación en Matemáticas de Alto Nivel**

El cumplimiento de la tarea de crear conocimiento al más alto nivel, es una responsabilidad individual y colectiva. La investigación en Matemática es esencialmente personal, sin embargo ella se potencia al existir una masa crítica adecuada en el área correspondiente. Esto conlleva también la posibilidad del trabajo conjunto.

Con relación a investigación existen necesidades de apoyo para:

- i) Grupos de investigación.
- ii) Realización de Eventos nacionales e internacionales. Tanto de carácter especializado como general.
- iii) Publicaciones periódicas especializadas.
- iv) Intercambio científico tanto entre instituciones chilenas como extranjeras.
- v) Contraparte para convenios internacionales de cooperación científica.
- vi) Hemeroteca en Matemática. Completación de revistas.
- vii) Realización de postdoctorados.

## **II) Postgrados**

Las necesidades de los programas de postgrado, van más allá del mero ofrecimiento de becas, que efectivamente es un elemento sine qua non en ciencia. Es necesario, en una ciencia que está en un período de crecimiento, velar por la calidad, coordinar los esfuerzos en la formación de estudiantes graduados y en la atracción de estos al estudio superior.

Con relación a postgrado las necesidades de apoyo son para:

- i) La acreditación de programas de postgrado.
- ii) Bibliotecas especializadas. Formación de Redes de Bibliotecas.
- iii) Becas que consideren también estudiantes extranjeros.
- iv) Crear un sistema de atracción de estudiantes al estudio de postgrado en Matemática.

## **III) Matemática Universitaria**

Es posible constatar en las cifras, que existe un gran problema en la docencia superior en matemática, comúnmente llamada docencia de servicio. Es también resultado de estudios realizados por la comunidad matemática, lo urgente de la revisión de los planes y programas de estudio vigentes en la formación de profesionales que tienen la Matemática como un elemento principal. Así también, hay en la comunidad matemática una especial preocupación por la formación de profesores de la especialidad.

Con relación a la Matemática que se enseña en la Universidad, las necesidades de apoyo son para:

- i) Introducir tecnología en la docencia. Revisión de planes y programas en la formación de profesionales.
- ii) Formación de Profesores de Matemática.
- iii) Fortalecimiento de Licenciaturas e ingenierías matemáticas.
- iv) Perfeccionamiento Superior.
- v) Bibliotecas Básicas en centros de menor desarrollo.

## **IV) Matemática Escolar**

La Matemática es, además de una ciencia básica para el desarrollo de otras ciencias y disciplinas, un elemento fundamental en la formación de la población de un país. Su desarrollo lógico y su método son, de hecho, una herramienta eficaz para la educación.

En el caso de la matemática que se enseña en la educación básica y media, es necesaria la participación de matemáticos con experiencia en creación de conocimiento y especialistas en alguna área.

La participación de los matemáticos profesionales en la matemática escolar puede materializarse en diferentes formas. Cada una de ellas genera necesidades de apoyo para su materialización.

Presentamos una lista de temas y áreas donde puede existir colaboración. De hecho en algunas ya lo ha habido.

- i) Elaboración y revisión de Planes y Programas.
- ii) Ofrecimiento de Perfeccionamiento o actualización.
- iii) Elaboración y revisión de Material Didáctico y Publicaciones.
- iv) Difusión de la matemática en el nivel medio y básico.
- v) Organización de Competencias y Olimpíadas.
- vi) Participación y creación de programas atracción y detección de talentos.
- vii) Alfabetización Matemática del país.
- viii) Publicaciones periódicas destinadas a profesores y maestros.
- ix) Proyectos de Investigación para profesores y maestros.

## **V) Matemática y Sociedad**

Las necesidades en esta área no difieren de aquellas planteadas en términos generales para toda la ciencia. En varias de estas actividades, la Sociedad tiene alguna experiencia. Para la continuación de los programas existentes y la propuesta de otros es necesario contar con apoyo. En particular, algunas de las actividades a desarrollar son:

- i) Asistencia a poderes públicos, relaciones con el aparato productivo.
- ii) Difusión de la disciplina a través de los medios de comunicación masiva.
- iii) Colaboración en la formación de comunicadores especializados.
- iv) Eventos masivos. Ferias y campamentos.

## **Recomendaciones**

### **Al Gobierno**

- Realizar las gestiones pertinentes para apoyar y financiar un proyecto país de desarrollo de la Matemática en Chile a realizarse en los próximos cinco años. El proyecto deberá propender a la satisfacción de las necesidades en las cinco áreas de acción detalladas previamente en este escrito.

El financiamiento anual mínimo estimado es de setecientos millones de pesos anuales (financiamiento similar a un Fondap).

- Crear, en el breve plazo, una Comisión Superior de Ciencia y Tecnología para que conduzca el proceso de institucionalidad de la investigación científica en Chile.

### **Al Ministerio de Educación**

- Considerar a la Sociedad de Matemática de Chile como una entidad colaboradora en todas aquellas materias relacionadas con la Matemática escolar. En particular apoyar el desarrollo de las actividades enumeradas en el apartado IV).

### **A las Universidades**

- Compartir y colaborar en la satisfacción de las necesidades enunciadas en los apartados I), II), y III).
- Colaborar con la comunidad matemática en las acciones enunciadas en el apartado IV) y V).

### **A los Medios de comunicación**

- Colaborar en la difusión de actividades realizadas en el país por parte de la comunidad matemática, para la difusión de esta ciencia.

### **A los Empresarios**

- Considerar el valioso potencial que posee un profesional con una formación matemática sólida y los posibles beneficios que de ella se deduzcan.

### **A la Sociedad toda**

- Considerar el beneficio de una cultura matemática adecuada de los ciudadanos para su adecuada inserción en un mundo globalizado, informatizado y con altas exigencias en la vida laboral.

## 4 Física

### **Centros de desarrollo**

De acuerdo al diagnóstico, existe una plataforma de excelencia en al menos cinco grandes instituciones universitarias que muestran un alto nivel, y que deben consolidarse para incrementar el tamaño de la comunidad de física en Chile. Deben crearse mecanismos de financiamiento que permitan fortalecer su capacidad como instituciones de formación terminal en la disciplina. También, de acuerdo al diagnóstico, es imperativo disminuir la brecha que existe entre física teórica y física experimental. Para esto, se requiere de inversiones significativas en equipamiento mayor, que permitan acelerar el proceso de implementación de laboratorios especializados.

### **Institutos del Estado**

A partir de la infraestructura y calificación técnica de los Institutos del Estado, incorporarlos plenamente a un sistema competitivo de investigación científica y tecnológica, dotándolos para ello de suficientes investigadores calificados y removiendo las trabas burocráticas y administrativas que impiden su desarrollo.

### **Postgrado**

Las cifras actuales de tasas de renovación de cargos permanentes y número de estudiantes graduados por año, en los programas establecidos, permiten señalar que incrementar el tamaño de la comunidad, por ejemplo al doble de físicos activos (160), no es posible. En este sentido, es urgente aumentar significativamente el número de estudiantes de doctorado. Un rol determinante en el proceso de formación a nivel de doctorado debe ser cumplido por los programas propuestos recientemente. En esta materia se necesita mejorar sustancialmente la oferta de becas de doctorado.

### **Pregrado**

La fuente natural de estudiantes de postgrado está ineludiblemente asociada a los estudiantes de los programas de pregrado en física, existentes en las diferentes instituciones. Es necesario implementar un programa nacional de becas para estudiantes de ciencia en general, que estimule la postulación de los mejores estudiantes del sistema educacional.

## **Desarrollo regional**

Se propone establecer un programa de incentivo a las Universidades Regionales que no han implementado políticas de fomento de la investigación básica en física, especialmente por la conformación de sus plantas académicas. Estos programas deben asegurar la inserción de Científicos Jóvenes en aquellas áreas de investigación que las universidades hayan definido como centrales. Una alternativa para este programa puede contemplar un plazo de 5 años, donde las Universidades deben asumir gradualmente desde el 0% al 100% del financiamiento de los costos asociados a los cargos. Esto equivale a efectuar un programa de contratación anticipada de científicos jóvenes sobre la base de las vacantes futuras que se producirán. De esta forma, se creará una capacidad de investigación adicional, en primer lugar, por las características de los nuevos académicos y, en segundo lugar, por la presencia de aquellas personas que se encuentran cercanas a la jubilación.

## **Fondos concursables**

Una de las grandes limitaciones que explica, en parte, el bajo crecimiento de la comunidad de física son los montos asignados a la disciplina a través de los principales fondos concursables. En este sentido, se hace necesario incrementar los montos globales asignados en estos fondos, al mismo tiempo que aumentar los montos máximos destinados a proyectos regulares. También, se deben destinar montos equivalentes a los actuales recursos concursables destinados a líneas complementarias que permitan la integración interinstitucional.

## **Sociedades Científicas**

Un apoyo determinante en la ejecución y elaboración de nuevas políticas le corresponde a las sociedades científicas. Ellas debieran asumir un rol más permanente. Son escasos los recursos que pueden captar de los científicos asociados, es así como se necesita contar con un mínimo de financiamiento para su funcionamiento. El sistema científico debiera generar algún mecanismo para apoyar el trabajo de las sociedades científicas, al menos en una etapa inicial.

## **Perfeccionamiento**

Se propone crear un programa que permita el perfeccionamiento de postdoctorado de los científicos formados en el país en centros de excelencia en el extranjero. Un programa de este tipo posee especial importancia debido a que se espera que una componente significativa de la renovación de las plantas académicas provenga de los programas de doctorado nacionales. Este programa permitirá reforzar el grado de internacionalización de la actividad científica en el país.

## 5 Informática

Ricardo Baeza Yates (*Universidad de Chile*)  
Leopoldo Bertossi (*P. Universidad Católica, Presidente SCCC*)

### Proposiciones Finales

Para abordar las dificultades y desafíos mencionados en el documento temático y otros, se propone una serie de medidas e iniciativas, a ser recogidas e implementadas por los siguientes sectores:

1. Estado/Gobierno.
2. Universidades.

Con respecto a la Empresa, se incorporan algunas reflexiones a propósito del ítem 1; y se comparten las recomendaciones generales contenidas en las Conclusiones del documento Encuentro Chile-Ciencia 2000.

#### 1. Estado/Gobierno.

Con el propósito de atraer jóvenes hacia la investigación, se recomienda:

- Mantener apoyo, especialmente con becas, a los programas de magister.  
  
La Informática, como actividad de investigación, se nutre de alumnos de carreras profesionales; para ellos no es obvia la opción de continuar con el doctorado y/o la investigación.
- Becas para estadía de un semestre/un año en el extranjero, para buenos alumnos de pregrado:
  - altamente motivador para la investigación,
  - adquieren confianza en ellos y en la posibilidad de hacer en Chile cosas relevantes.
- Creación de Talleres de Iniciación en Investigación a nivel nacional.
- Se requiere mejorar radicalmente las condiciones de los académicos e investigadores en regiones y aumentar número de investigadores y masa crítica:
  - duplicar en regiones el número de académicos,
  - duplicar los sueldos de los académicos en universidades regionales,

- conexión rápida a Internet,
- material bibliográfico,
- fondos para la formación de investigadores y facilitar el intercambio entre universidades,
- fondos de investigación concursables destinados a regiones, sin desmedro de los fondos tradicionales concursables a nivel nacional, asociados a compromisos de las universidades y gobiernos regionales de apoyar dichas investigaciones.

Con respecto al aumento de la cantidad/calidad de la investigación, se propone:

- No-discriminación entre alumnos chilenos y extranjeros al otorgar becas de postgrado. Países desarrollados han comprendido la importancia de captar talento fuera de sus fronteras.
- No basta con mantener la masa de investigadores en torno a las áreas más antiguas, pero todavía fundamentales e importantes, también hay que aumentar la cantidad de posiciones académicas y de investigación en las muchas áreas emergentes de la Informática.
- Concurso de Proyectos de Investigación de Iniciación:
  - asignación de recursos frescos,
  - investigadores jóvenes y/o sin trayectoria previa.
- Creación de un "Centro Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología de la Información":
  - con cobertura nacional,
  - esencialmente distribuido y virtual,
  - basado en tecnología de Internet y comunicaciones,
- fondos para:
  - \* intercambio entre grupos nacionales,
  - \* intercambio con el extranjero,
  - \* becas para alumnos de pregrado talentosos y motivados,
  - \* investigadores jóvenes,
  - \* postdoctorandos,
  - \* profesores visitantes,
  - \* pago a universidades por tiempo de académicos para realizar investigación,
  - \* repositorio bibliográfico virtual y material,
  - \* infraestructura y apoyo administrativo.

- Crear los puentes y mecanismos que fomenten la realización de actividades de investigación entre academia y empresa.
- Incentivo a las empresas y/o postgraduados cuando los últimos se incorporan a una empresa:
  - A una actividad con un componente de investigación o creación de conocimiento de vanguardia, en oposición a las actividades cotidianas y urgentes de la empresa,
  - Creación de un organismo de seguimiento, en condiciones de reconocer la actividad creativa y de investigación.
- Empresas e institutos de Estado deberían dar el ejemplo:
  - Investigación conjunta con centros universitarios,
  - Transferencia de tecnología,
  - Contratación de gente con estudios de postgrado, dándoles el espacio y las facilidades para ser innovativos en su interior.

## **2. Universidades.**

La Academia debe contribuir al surgimiento de vocaciones hacia carreras académicas y/o de investigación:

- Crear espacios en el currículo de pregrado para que los alumnos hagan sus primeras incursiones guiadas en la investigación:
  - Créditos optativos en cursos o seminarios de investigación o en trabajos personales dirigidos,
  - Talleres de iniciación en la investigación.
- Proporcionar condiciones para que los alumnos puedan aspirar a un mayor dominio de idiomas extranjeros.
- Dar tiempo, apoyo y reconocimiento a recién doctorados que inician una trayectoria de investigación.
- Reconocer el valor de las publicaciones en conferencias de alto nivel internacional. Por la rápida evolución de la Informática, la presencia en conferencias relevantes es, muchas veces, más valiosa y difícil que aparecer publicando en journals internacionales.
- Diseñar planes de formación a nivel de postgrado para sus académicos.
- Programas de postgrado establecidos deberían flexibilizar requisitos de residencia, de modo que el traslado por un tiempo largo hacia la sede del programa pueda ser minimizado.

- Alianzas de investigación entre universidades de mayor y menor desarrollo en investigación.
- Estimular actividad de investigación multidisciplinaria:
  - esquema especialmente apropiado para Informática,
  - atractiva para alumnos e investigadores,
  - necesaria por la globalización e interdependencia de las disciplinas del conocimiento,
  - fomentar la relación de la Informática con:
    - \* Estadística
    - \* Biología
    - \* Ciencias Ambientales
    - \* Astronomía

## 6 Ciencias Sociales

1. El diagnóstico preliminar efectuado respecto del estado de las ciencias sociales en Chile indica que tienen un grado muy diferente de desarrollo, desde avanzado en algunas disciplinas hasta medio en otras, sin excluir situaciones poco satisfactorias en algunas materias. El estado de algunas disciplinas más bien ha retrocedido que progresado.
2. Si bien la situación varía de institución en institución, el estado de las ciencias sociales es en general inadecuado para atender a las necesidades de una sociedad que aspira a un importante proceso de modernización, menos aún para atender a las realidades del proceso de internacionalización del país.
3. Debe también tenerse presente que un estado apropiado de las ciencias sociales no sólo es importante para el desarrollo de cada disciplina, sino igualmente lo es para el desarrollo de las ciencias exactas, que encuentran en las primeras una significativa fuente de inspiración y que, en conjunto, reflejan el marco social en que se desenvuelve toda expresión científica.
4. Una de las deficiencias básicas de la relación entre las ciencias sociales, y entre éstas y las ciencias exactas, radica en la ausencia de enfoques interdisciplinarios y de canales que los hagan posibles. Igualmente, el estado de vinculación internacional de las ciencias sociales es, en muchos casos, inadecuado para un mundo en que la circulación de la información y de las ideas es esencial para el desarrollo de la disciplina.
5. Para remediar estas deficiencias se propone, en primer lugar, realizar un esfuerzo sostenido de formación de académicos, tanto en universidades extranjeras seleccionadas como en centros de excelencia en Chile, que puedan iniciar o perfeccionar cursos de doctorado en las disciplinas respectivas o de manera interdisciplinaria. Es igualmente indispensable exigir en Chile un riguroso criterio académico para el cultivo de las ciencias sociales, la carrera universitaria, la evaluación de proyectos y otras expresiones de la disciplina. La disponibilidad de medios, para permitir una carrera académica con dedicación exclusiva o sustancial, es un factor necesario de este esfuerzo.
6. Enseguida se propone llevar a cabo una política de fortalecimiento de los centros de excelencia que gradualmente se han ido estableciendo en el país, pues ellos tienen una posibilidad de irradiación amplia en el conjunto del sistema universitario y de la sociedad. La posibilidad de realizar este esfuerzo en las regiones también debe considerarse.
7. Como parte de este esfuerzo, debería facilitarse el desarrollo de grandes bibliotecas en las disciplinas básicas, para que no carezca ningún elemento

bibliográfico o documental necesario para el cultivo de esa ciencia al más alto nivel internacional.

8. De la misma manera, dichos centros podrían encabezar importantes proyectos interdisciplinarios, incluidos algunos con el mundo de las ciencias exactas, que permitieran elevar el nivel de investigación al de excelencia internacional. Publicaciones periódicas de nivel internacional también podrán ser el resultado de todo lo anterior.
9. Un tercer orden de propuestas dice relación con la institucionalidad de las ciencias sociales. Las ciencias sociales no se encuentran cómodas en el actual marco de la institucionalidad científica en Chile, particularmente CONICYT y FONDECYT. Ha habido a su respecto una discriminación sistemática, tanto en el nivel de representación como en el de la asignación de recursos y evaluación de proyectos. Lo mismo ocurre en buena medida al interior de las universidades.
10. No se busca una institucionalidad separada, que atentaría en contra del propósito de integración científica y su cultivo interdisciplinario. Se busca que las ciencias sociales tengan una representación proporcional en el sistema de adopción de decisiones (Consejos), en la asignación de recursos que deberán aumentar sustancialmente- y en la evaluación de proyectos, que deberá adaptarse a la naturaleza de las ciencias sociales y no a aquéllas de las ciencias exactas.
11. Para este efecto se propone que CONICYT/FONDECYT establezca una Comisión para el Desarrollo de las Ciencias Sociales en Chile, que impulse un plan de largo plazo. Esta misma Comisión podría servir para la acreditación de los centros de excelencia y la evaluación periódica de su progreso o retroceso.
12. Igualmente las ciencias sociales deben tener una representación proporcional en los mecanismos propios del sector público, como el Consejo de Educación Superior, o en aquéllos en que dicho sector participa activamente, como la Fundación Chile y otras entidades.
13. Las ciencias sociales deben también obtener una participación proporcional en los mecanismos de financiamiento administrados por el gobierno, como las becas Presidente de la República, cátedras presidenciales y otros, incluidos los planes de doctorado que el gobierno estaría actualmente decidido a promover.
14. Las ciencias sociales deben también buscar un diálogo institucional con el sector privado, presidido por el signo de la cooperación positiva que requiere el desarrollo del país. Esta relación renovada debe comprender también a algunas importantes fundaciones privadas, como la Fundación Andes.

15. Como parte de la institucionalidad deseable, las ciencias sociales deberán organizarse para hacer presente a las fundaciones y gobiernos extranjeros las prioridades que emanan de la realidad de las disciplinas y del propio país, evitando así ser el sujeto pasivo de programas e iniciativas adoptados por esas entidades, cuya temática muchas veces es ajena al país, cuando no inspirada en visiones ideológicas muy contraproducentes para lo que la comunidad de las ciencias sociales en Chile requiere.
16. El papel de la sociedad nacional, en un marco de internacionalización creciente, requiere saber aprovechar sus oportunidades y también reconocer y establecer sus límites. Para todo ello las ciencias sociales pueden y deben realizar una muy importante contribución.

Para materializar las anteriores propuestas se propone que CONICYT auspicie un Encuentro Nacional de las Ciencias Sociales en 2001, que sería convocado por la Academia Chilena de Ciencias Sociales, Políticas y Morales del Instituto de Chile en conjunto con centros de excelencia en las varias disciplinas.

## 7 Historia

### Recomendaciones

1. Promover investigaciones interdisciplinarias, de tal manera que los estudios históricos puedan utilizar, cuando corresponda, el aporte conceptual y los enfoques de otras ciencias sociales y humanas.
2. Alentar los estudios de carácter teórico, en el entendido de que los mismos enriquecen la formación y las investigaciones del historiador.
3. Contribuir a la afirmación de la(s) identidad(es), a los procesos de integración regional y a la inserción en la globalización, "con investigaciones históricas realizadas de manera rigurosa y sobre la base de metodologías actualizadas".
4. Pedir que las autoridades correspondientes (DIBAM) cuiden debidamente de la conservación de los archivos, no limitándose sólo a custodiarlos sino también a que sean de fácil acceso para el investigador (con catálogos bien hechos y lugares de trabajo adecuados).
5. Solicitar que los archivos y museos estén a cargo de profesionales debidamente preparados por las universidades del país.
6. Pedir que las autoridades (Ministerio de Educación) revisen los actuales planes y programas de estudio, los que tanto por su extensión como contenido (visiones parciales y escasa importancia de una serie de épocas y temas), impiden que la Historia tenga la función cultural que le corresponde en la formación de los estudiantes.
7. Buscar los medios para que exista la debida difusión de la producción historiográfica, y solicitar a CONICYT que consideren para las humanidades otros índices aceptados que recogen con más amplitud la producción historiográfica.
8. Alentar la participación de los historiadores -como lo hizo la Academia Chilena de la Historia en este Encuentro Chile-Ciencia 2000- a fin de que estudien y reflexionen acerca de los problemas que existen para el cultivo de la Historia.
9. Solicitar que CONICYT estudie los medios para alentar las investigaciones de jóvenes historiadores (hasta 35 años de edad), aumentar el número de becas doctorales y postdoctorales, del mismo modo que los estudios en ciertas áreas temáticas, como los estudios regionales y sobre la identidad nacional. Otros participantes consideraron que no pueden haber fondos especiales para el estudio de ciertos temas, toda vez que el criterio debe ser aprobar un buen proyecto, sin valorar de manera especial el tema que se proponga.
10. Eliminar la referencia a Europa y los Estados Unidos a la hora de hablar de centros de excelencia, toda vez que en otras latitudes también pueden encontrarse centros de gran calidad científica.

## 8 Ciencias Agronómicas

### Introducción

Es evidente que un mundo futuro sin Ciencia y Tecnología es inconcebible. Las ventajas alimentarias, sanitarias, económicas y militares que estas ponen en mano de las sociedades que las apoyan son tan grandes que es difícil pensar que un país abandone estas actividades. En lo atingente a la agricultura, la superficie agrícola disponible para expansión de ella está prácticamente agotada, lo que requiere de una nueva agricultura basada más en la ciencia que en los recursos naturales.

### **2. El entorno futuro de la agricultura y del apoyo a las ciencias agronómicas**

#### **2.1 El cambio en la importancia económica y social de la agricultura**

La agricultura y su importancia directa relativa como actividad económica y social ha cambiado substancialmente tanto en los países más desarrollados como en Chile. El PBI agrícola como parte del PIB nacional a caído de un 7,9 % en 1980 a un 5,7 % en 1999. Por ello, en la década del 90 se ha producido una disminución de la prioridad que los gobiernos de la mayoría de los países dan a la investigación agropecuaria lo que, sin duda, frenará la generación de nueva información científica agronómica. Sin embargo, su aporte real es mayor pues si se considera el conjunto de los agronegocios llega a un 26 % o 34 % del PIB según sea el autor de la estimación. *Independiente de lo anterior ella conserva su vital importancia estratégica por ser la única actividad conocida capaz de producir alimentos en cantidad y calidad suficientes para la población humana. Un país que abandone su agricultura pasa ser altamente vulnerable en lo económico, alimentario y militar.*

#### **2.2. El cambio en los temas de la investigación agronómica**

El énfasis en las tecnologías de producción se ha desplazado de la productividad hacia la sustentabilidad de los recursos naturales. Sin embargo, la racionalidad de este punto de vista es discutible ya que la sustentabilidad no sólo es ecológica sino también económica.

#### **2.3. La creciente complejidad y costo de la investigación agronómica.**

La complejidad se da por diversas vías: por el aumento de los conocimientos científicos y tecnológicos aplicables a la agricultura, por los nuevos temas y por la mayor sofisticación de las herramientas necesarias para hacer investigación.

## **2.4. Los requerimientos y dificultades de la investigación agronómica**

El proceso de investigación científico-tecnológico requiere de una condición esencial: necesita de amplia libertad para poder explorar nuevas ideas. Los investigadores piden amplia libertad ya que los intentos de controlar la ciencia por diversas razones han sido un fracaso. El control por razones económicas o administrativas es antiguo y controlarla por razones ambientales está en marcha pero no sabremos sus resultados hasta más adelante. No obstante lo anterior, una mejor interacción entre investigadores, agroindustria, agricultores y el comercio de alimentos permite una mejor focalización de ella.

## **2.5 Los factores de demanda y de oferta de alimentos**

La demanda de alimentos se verá afectada por el incremento de la población, por el crecimiento económico por el estilo de vida que demanda más variedad, calidad, inocuidad y mayor preparación de los alimentos. Por su parte, la oferta requiere el mejorar los rendimientos lo que aumentará la presión del uso de los suelos al reducirse la superficie de suelo por habitante y se afectará por una menor disponibilidad de agua.

## **3. Propuesta**

La información y discusiones anteriores permiten hacer las proposiciones siguientes:

### **3.1 Establecer una política nacional en ciencia y tecnología silvoagropecuarias**

La falta de una política nacional de investigación agrícola es notoria. Se requiere llenar este vacío con urgencia a través de una propuesta nacional consensuada que incluya a todos los sectores de la sociedad, algo que se ha insistido al nivel de autoridades, pero sin obtener todavía respuestas concretas.

### **3.2 Cambiar el sistema de investigación actual**

El sistema de investigación agronómica debe ser mejorado substancialmente. Este adolece de debilidades *estructurales* (falta de coordinación de las fuentes de financiamiento, no hay estímulo a la asociatividad horizontal para formar masas críticas de investigadores, con un sistema de evaluación de proyectos no adecuado), *de financiamiento* (muchas áreas estratégicas sin financiamiento, de muy corta duración, poca participación del sector privado) y, *de recursos humanos* (bajo número de investigadores preparados, envejecimiento de los investigadores con experiencia).

### **3.3 Revisar las líneas de investigación**

Se propone revisar las actuales líneas de investigación de los proyectos en ejecución. En la mayoría de los países, el financiamiento de la investigación agrícola es en gran medida de origen público y ésta se considera como un bien público y se orienta hacia una investigación estratégica o aplicada que sirva de impulso a la empresa privada. También puede ser orientada hacia objetivos sociales de manera de aumentar la productividad y calidad de vida de la población o para conservar los recursos naturales. La investigación se debiera focalizar en 5 grandes áreas:

#### **3.3.1 Mejoramiento genético de plantas y animales con el uso de técnicas genéticas y biotecnológicas avanzadas**

Los programas de mejoramiento de plantas actuales son insuficientes, subdotados de personal y recursos. Dado que en el país no se hace mejoramiento genético de especies animales sería recomendable estudiar la conveniencia de iniciarlo.

#### **3.3.2 Recursos naturales y estudios ambientales**

Los ámbitos donde puede y debe darse este aporte institucional son los de prospección, vigilancia del estado, evaluación de procesos de degradación y valoración, desde perspectivas ambiental y económica, de indicadores de impacto ambiental, además de la inclusión de objetivos de inocuidad ambiental en los proyectos de investigación tradicionales. Un área relevante es la del establecimiento de indicadores de impacto ambiental.

#### **3.3.3 Conservación y protección de los recursos genéticos nacionales.**

Área de mucha importancia actual y futura que requiere rediseñar sus objetivos y funciones.

#### **3.3.4 Estudios agronómicos al nivel de rubros agropecuarios y predios**

Los estudios agronómicos incluyen la sanidad del rubro, la nutrición, el riego, y otros temas. El nivel predial, donde se integra rubros, prácticamente no es estudiado y ello es una gran falla del sistema actual.

#### **3.3.5 La calidad, la post cosecha, la agroindustria y el consumidor.**

Dado que Chile nunca podrá competir por cantidad de sus productos agrícolas solo le queda poder hacerlo por su calidad. Por la lejanía de los mercados también es vital la investigación de los problemas de post cosecha y de la materia prima para la agroindustria.

### **3.4 Mejorar la gestión de la investigación**

La mejora de la gestión de la investigación es imprescindible y requiere de por lo menos dos cambios: La selección de las autoridades y establecimiento de Consejos Técnicos de Investigación.

La efectividad y la necesaria continuidad de la investigación requiere de manera urgente que, se cambie la actual designación de directivos a directivos elegidos vía concursos públicos en instituciones de investigación. Además, las líneas de investigación y las prioridades deberían ser establecidas por algún tipo de Consejo Técnico autónomo e independiente que apoye la gestión de esos directivos. Es también urgente una mejor capacitación de los administradores de la investigación en labores de gestión de esta actividad.

### **3.5 Reforzar la transferencia de tecnología**

Por la gran trascendencia de esta actividad, que es la continuación lógica de la actividad de investigación, se debe efectuar en la proporción adecuada que requiere el país creando unidades especializadas que la ejecuten.

### **3.6 Capacitar los recursos humanos**

Como ya se dijera anteriormente, los recursos humanos son escasos y es necesario establecer una mejor política de capacitación y renovación de estos ya que sin ellos la actividad no es factible. En este sentido, sería muy conveniente que la universidades chilenas reforzaran sus programas de postgrado en temas agronómicos y empezaran a dictar cursos de doctorado en agronomía.

### **3.7 Incorporar alta tecnología a la agricultura**

Biotecnologías, tecnologías satelitales, biosensores, análisis de imágenes, sistemas de información geográfica, agricultura de precisión.

## 9

# Astronomía

## Un desafío para Chile

### I. Desafíos y oportunidades

Chile es sin duda el país que cuenta con las mejores condiciones para realizar investigación astronómica desde la superficie del planeta. Los estudios realizados en el norte del país indican que sólo los instrumentos instalados en el espacio pueden lograr mejores resultados pero a costos muchísimo más elevados. Es por esta razón que actualmente están en la fase de construcción tres megaproyectos de observatorios astronómicos en Chile: Cerro Paranal en Antofagasta, Proyecto Gemini-Sur en Cerro Pachón y el Proyecto Magallanes en Cerro Las Campanas en la IV región. Estos proyectos representan una inversión en infraestructura astronómica del orden de los US \$ 2000 millones. El 10% del tiempo observación en cada uno de los telescopios en estos observatorios es para la comunidad astronómica nacional. Adicionalmente, se encuentra en plena fase de diseño el interferómetro de ondas milimétricas más grande del mundo que será instalado en el llano de Chajnantor, a 5000 metros de altura, cerca de San Pedro de Atacama en la II región. Este megaproyecto representa un esfuerzo conjunto de Estados Unidos, un consorcio europeo de 9 países y Japón, con un costo aproximado de US \$ 600 millones de dólares.

Por lo tanto, las proyecciones en el área de la astronomía, en variadas longitudes de onda, ópticas, infrarrojas, milimétricas, en Chile son espectaculares. Las ventajas comparativas de esta ciencia en relación con otras en Chile proveen un potencial único de desarrollo en esta área y otras afines. La pregunta es si como país somos capaces de aprovechar estas ventajas y lograr un desarrollo acorde a este potencial. Hasta ahora, los astrónomos han sido usuarios de toda la infraestructura existente lo que les ha permitido realizar investigación de punta y contribuir significativamente al conocimiento del Universo, en un volumen acorde al reducido número de investigadores en el área. Podemos aumentar significativamente la contribución al conocimiento mundial tan sólo aumentando el número de astrónomos en el país. Por otra parte ¿seguiremos siendo espectadores del desarrollo tecnológico involucrado en estos megaproyectos como lo hemos sido con aquellos de la década del 60? Podríamos imaginar maneras de integrar áreas afines a la astronomía para que ellas se beneficien también de estos proyectos internacionales y así contribuir al desarrollo tecnológico del país.

La astronomía en Chile ha experimentado un crecimiento en los últimos años, el cual se debe principalmente a la presión interna en las universidades. Se han constituido nuevos grupos al interior de universidades que han decidido incorporar astrónomos en sus plantas académicas, constituyéndose éste camino en el más exitoso hasta ahora, pero ya está copándose, dada las restricciones presupuestarias que las Universidades tradicionales tienen en la actualidad.

Por otra parte, se ha logrado un importante avance en el país en los programas de formación de astrónomos. La Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica y la Universidad de Concepción ofrecen actualmente estudios de astronomía en niveles de Licenciatura, y las dos primeras también en los grados de Magister y Doctorado. Estos programas están abiertos a estudiantes de cualquier país, ya que tener exclusivamente estudiantes chilenos en los programas de postgrado no es sustentable. Una complicación es que las fuentes de financiamiento no siempre incluyen la posibilidad de estudiantes extranjeros.

¿Qué requerimos para enfrentar este desafío?

## II. Políticas y acciones para consolidar la Astronomía

Luego del análisis y discusión en la sesión realizada el 14 de Junio, se concluyó que era indispensable proponer las siguientes acciones para consolidar esta área en el país.

*Aumentar significativamente los puestos de trabajos permanentes y de postdoctorados para astrónomos trabajando en instituciones chilenas.* Esto se lograría a través de la creación de un Instituto de Astronomía. Para ello se requiere un aporte que llegue a una cifra de US\$ 3 millones anuales en un plazo de 4 años. Este aporte se podría canalizar a través de un Concurso FONDAP, algún otro instrumento propuesto en CONICYT, u otro.

Este instituto no requeriría de infraestructura propia sino que aportaría los medios para que las actuales o futuras instituciones interesadas en tener astrónomos profesionales puedan contratarlos. Los objetivos que se lograrían son:

- El retorno de los astrónomos chilenos jóvenes que ya han obtenido su Doctorado y que actualmente se encuentran dispersos en el extranjero sin la posibilidad de regresar y reinsertarse en el país.
- La contratación de astrónomos en las instituciones chilenas que actualmente han copado su capacidad de aumentar su dotación.
- Promover la contratación de astrónomos en instituciones que hoy no los tienen y por ende impulsar y desarrollar esta área, por ejemplo en regiones.
- Otorgamiento de becas de postgrado para alumnos de excelencia, ya sea nacionales o extranjeros que deseen hacer su Doctorado en Astronomía en alguna de la instituciones chilenas que lo ofrecen.
- Incorporación de profesionales de áreas afines con el objeto de que participen en las tecnologías y desarrollos de punto de los megaproyectos astronómicos que se construyen en Chile.
- Tener un grupo de divulgación y difusión que entregue conocimientos astronómicos a nivel de colegios y escuelas en todo el país y a la sociedad

entera. La astronomía es una ciencia que despierta el interés de las personas en forma natural, y en particular en los niños. Esta característica podría ser usada para acercar a nuestra población a la ciencia, actividad que ellos ven tan lejana.

Los cargos del Instituto se podrían concursar por las universidades e instituciones, las que acogerían a los astrónomos según el tema e interés de ellos y de la Institución receptora.

Definir la Astronomía y la Astrofísica como un *área prioritaria a escala nacional*, acorde con la gran infraestructura presente en nuestro territorio. Debemos darnos la oportunidad de hacer un uso efectivo de esa infraestructura del más alto nivel tecnológico que el país no financia. Esto pondría a Chile como un país que sabe aprovechar sus ventajas comparativas y posiblemente esta señal permitiría que otras organizaciones extranjeras o privadas hicieran aportes significativos que complementen este esfuerzo nacional. Un paso importante realizado en estos meses ha sido la incorporación de astrónomos en la toma de decisiones en las instancias donde hay recursos específicos para astronomía. Esto sin duda permitirá lograr una optimización de los recursos invertidos por el Estado de Chile y otras organizaciones. Quizás, la astronomía sea la única área en que exista un mayor grado de conciencia en nuestra sociedad y de las autoridades nacionales que tiene un potencial para un desarrollo explosivo.

## 10 Medicina

Prof. Dra. Colomba Norero V.  
*Facultad de Medicina Universidad de Chile*  
*Academia de Medicina Instituto de Chile*

La sesión temática de Medicina (16.06.2000) intentó profundizar aspectos desarrollados en el documento de la Academia de Medicina del Instituto de Chile, “¿Hacia dónde deberían dirigirse las Ciencias Biomédicas en el Chile del siglo XXI? “. Para ello se realizaron exposiciones temáticas, seguidas de comentarios de los asistentes.

El temario se desarrolló con una introducción/resumen de dicho documento, realizada por el Dr. Eduardo Rosselot, quién señaló los principales aspectos que contribuyen al escaso desarrollo de la investigación en Medicina Clínica: ausencia de transferencia del conocimiento, desinformación, carencia de investigadores, distorsión en las políticas globales, insuficiencia de recursos y especialmente una formación profesional que no contribuye al desarrollo de la capacidad de investigación en todas las carreras de la salud.

Posteriormente se efectuaron las siguientes presentaciones:

*El Futuro de la Investigación en Medicina en Chile.* Dr. Benjamín Stockins (Prof. Titular. Universidad de la Frontera, Miembro correspondiente Academia de Medicina).

*La Visión del Salubrista.* Dra. Paulina Pino. (Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Chile).

*La Investigación Biomédica en las Prioridades Programáticas de la Salud.* Dr. E. Salinas, en representación de la Sra. Ministra de Salud, Dra. Michelle Bachelet.

*El Aporte de la Universidad en la Investigación Clínica.* Dr. José Chianale. Director Investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile.

*La Formación de Recursos Humanos para la Investigación Clínica.* Dra. M. Eugenia Pinto, Directora de Postgrado, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

*El Resguardo Bioético.* Dr. Miguel Kottow (Comité Bioética. Facultad de Medicina, Universidad de Chile).

En lo central de las presentaciones de esta sesión, se coincidió en que la investigación en Salud, que se realiza en Chile, no es un tema de discusión profunda en los medios científicos del país, tal como fuera señalado en el Informe de IDRC/CONICYT en 1998. Consecuentemente, no se han definido los temas a los que se debe dar preferencia. En ese sentido, las presentaciones de Salud Pública y del Ministerio de Salud pusieron énfasis en la carencia de proyectos financiados que se relacionen con las prioridades de salud del país, señalando la necesidad de contar con investigación atingente y relevante, sin soslayar con este planteamiento lo imperioso de contar con investigación equilibrada, es decir, tanto relacionada con los grandes temas mundiales (medicina molecular, genómica) como aplicada a resolver temáticas propias de la realidad nacional.

Dada la limitación de aportes financieros y a los criterios predominantes en la asignación de recursos en los concursos actuales en Chile, este tipo de investigación no alcanza a tener un financiamiento que permita su desarrollo, por lo que los diferentes expositores señalaron la necesidad de contar con un fondo sectorial para la investigación en salud, que sea administrado por un organismo que asegure su calidad y transparencia. De allí, la indispensable integración entre CONICYT y Ministerio de Salud, entre otros actores involucrados en la investigación de salud en Chile.

Otro aspecto que fue ampliamente comentado se relacionó con la formación del recurso humano para la investigación. Se criticó la actual formación de los profesionales de la salud en Chile, por su evidente tendencia profesionalizante, que contribuye a la separación entre la investigación y la práctica clínica. Por eso, resulta recomendable la modificación de los currícula de pregrado para permitir la mejor comprensión de los avances científicos y la permanencia de la necesaria curiosidad que lleve a un autoperfeccionamiento constante, a lo largo de toda la vida profesional.

La formación de investigadores fue considerada de primera prioridad, la necesidad de profesionalizar la condición de investigador clínico fue reiterada en la sesión, analizando las dificultades económicas que actualmente significa tomar una decisión de ese tipo.

Se consideró que se deben efectuar programas cooperativos, con un componente de estada en el extranjero para los programas de doctorado, a fin de relacionarse con la tecnología de frontera, entre otros aspectos.

La presentación del Dr. Stockins tocó el problema de la regionalización, señalando claramente la insuficiente presencia de los organismos regionales en la investigación de todo tipo. Algunas de las sugerencias formativas propuestas pudieran contribuir a revertir dicha situación.

En resumen, las conclusiones de esta sesión fueron:

- Necesidad de obtener un fondo sectorial para investigación en salud.

- Integrar y coordinar al Ministerio de Salud, Universidades, CONICYT, Academia y Sociedades Científicas en una relación que implemente políticas y resguarde los aspectos bioéticos de la investigación biomédica.
- Definir líneas de investigación relevantes para el país, con énfasis en el desarrollo nacional.
- Reforzar la formación universitaria de recursos humanos para investigación clínica.
- Modificar los programas existentes, tanto en pregrado como en postgrado, con el fin de promover mayor interés en el desarrollo de la ciencia en los profesionales de la salud.
- Fomentar y facilitar la actualización de conocimientos en “Ciencias Básicas” de los médicos clínicos.

# 11

## Biotecnología

Juan A. Asenjo y Jorge E. Allende

### Conclusiones y Recomendaciones:

La biotecnología es una disciplina creciente en el país, y dada la situación de recursos naturales de Chile y el alto nivel de desarrollo de las ciencias biológicas ésta posee un tremendo potencial de desarrollo. Por ejemplo a fines del año 1999 existían 32 Proyectos FONDEF en curso en diferentes áreas de la Biotecnología. Entre 1991 y 1997 en que FONDEF apoyó un total de 153 proyectos, 49 fueron en áreas de Biotecnología correspondiendo a una inversión aproximada de 30 millones de dólares. En Chile existen en la actualidad 11 Programas de Doctorado Acreditados en Áreas de Biotecnología.

Todas las principales Universidades, tanto de Santiago como de regiones, tienen importantes actividades de investigación básica y aplicada en biotecnología. Existen numerosas empresas ya sea de biotecnología o cuyas actividades tengan un importante potencial presente y futuro en el área, o con actividades industriales que involucren aplicaciones de la biotecnología. Otras instituciones que han tenido y tienen en la actualidad una o más actividades ya sea de promoción, investigación y desarrollo en el área de la biotecnología son Fundación Chile, el INIA, EuroChile y el CIMM entre otros. Un hito muy importante para el desarrollo de la biotecnología industrial y comercial en Chile ha sido el apareamiento en 1999 de la revista *Bioplanet* ([www.bioplanet.net](http://www.bioplanet.net)), *Biotecnología para sus negocios*.

### Limitantes:

En Chile ha habido un despegue importante en biotecnología en los últimos años, sin embargo, a nivel mundial existe una verdadera explosión en el campo de la biotecnología, particularmente en la biomedicina y en la ingeniería de proteínas, bioinformática y genómica. Por esto, es absolutamente urgente y necesario que se tomen medidas de efecto inmediato tanto en la formación de recursos humanos de primer nivel como para el adecuado desarrollo de estas áreas emergentes.

**Recursos Humanos:** esta es la principal restricción para el adecuado desarrollo de la biotecnología de frontera en Chile y para que esta pueda tener un grado, por lo menos satisfactorio, de competencia a escala mundial. Los recursos humanos sólo pueden ser formados si existe una cantidad suficiente de becas de doctorado tanto para que los mejores estudiantes chilenos y extranjeros realicen sus doctorados en Universidades Chilenas, como para que estudiantes chilenos altamente calificados realicen sus doctorados en las mejores Universidades de USA y Europa. En las áreas de biotecnología de frontera no existe competencia en otros países de América del Sur. A nivel mundial quizás sólo en Japón, Australia e Israel además de los mencionados arriba.

Asimismo, es absolutamente necesario que exista un riguroso programa de postdoctorados muy distinto al actual que fue concebido principalmente para la inserción o reinserción de jóvenes científicos chilenos. Al programa de postdoctorado postularían Investigadores Principales y otros Investigadores destacados sin identificar a los candidatos que eventualmente llevarán a cabo los proyectos. Debe estar abierto tanto a científicos chilenos como extranjeros, y así atraer científicos que hayan realizado doctorados en Centros de Excelencia mundial y poder incorporar los últimos adelantos de los centros de más prestigio internacional a nuestras líneas de investigación (“reverse brain-drain”). Esto es particularmente cierto para las áreas emergentes que se mencionan a continuación. Los salarios de los postdoctorados deben ser relativamente competitivos en el ámbito internacional.

**Desarrollo de Áreas Emergentes:** una restricción en la actualidad, para el desarrollo de la biotecnología de frontera en Chile, es el escaso desarrollo en áreas emergentes. Ejemplos de áreas específicas son: Terapia Génica, Terapia Celular, Células Troncales, Genómica, Ingeniería de Proteínas, Bioinformática.

En la actualidad existe en Chile algún debate sobre la *Percepción Pública de los Productos Biotecnológicos*. Aunque por lo general este debate no está bien informado en términos científicos, no parece que este punto sea, hasta ahora, una limitante importante para el desarrollo de la biotecnología, como lo es en algunos países desarrollados y en ciertos casos a nivel internacional. Es crítico, sin embargo que las organizaciones científicas correspondientes den alta prioridad a entregar la información científica relevante pues en casi la totalidad de los casos las reacciones negativas se basan en reacciones emotivas y no en hechos científicamente comprobados y las ventajas de estos productos pueden ser tremendas.

También existe una falta de instrumental e instalaciones (“core facilities”) en equipamiento mayor y otros, para poder desarrollar la biotecnología en forma eficiente y competitiva. Algunos de las áreas en que faltan equipamientos importantes son: Cristalografía de proteínas, Instrumental, p.ej. Espectrometría de masa, Bioterio para animales knock-out y transgénicos.

### **Proyectos con potencial que deben desarrollarse:**

Para que la biotecnología en Chile no pierda vigencia y se coloque en una sólida posición relativamente competitiva internacionalmente es urgente y absolutamente necesario, tal como se ha indicado en la sección anterior, desarrollar proyectos en áreas de biotecnología de frontera, que en ciertos casos le pudieran permitir a Chile incluso llevar la delantera en algunos campos específicos tales como aspectos sobre la información genética de los patógenos del salmón o de la vid, elemento central de la activa y creciente industria vitivinícola chilena. Algunos proyectos específicos deberían ser: Genoma (p. ej. de patógenos del salmón, del salmón, de la vid), Biotecnología Marina, Biotecnología

Ambiental, p.ej. extremófilos (tratamiento contaminantes metálicos), Desarrollo de Areas Emergentes: Ingeniería de Proteínas, Bioinformática, Química Combinatoria, Terapia Génica, Terapia Celular, Genómica, Células Troncales

**Relaciones Internacionales:** es muy importante incrementar los fondos para participar en una cantidad creciente de proyectos bilaterales, tales como con la NSF, el CNRS, la Royal Society y otros. También es de suma urgencia gestionar la participación de Chile en el CABBIO, proyecto global en el área de biotecnología que hace ya varios años se realiza entre Argentina y Brasil. El CABBIO organiza cursos avanzados en diferentes áreas de punta y también promueve la realización de proyectos conjuntos multinacionales.

En general, es posible afirmar que, dada la relativamente pequeña comunidad científica en Chile, las disciplinas Biológicas están bien desarrolladas. Esto permite, tal como se ha indicado en este documento, que la biotecnología tenga un importante potencial de desarrollo en el país, pero también que es necesario tomar medidas muy concretas para sobrepasar las tremendas limitaciones para que este potencial se logre realizar. Se debe mencionar que la Biotecnología es muy interdisciplinaria y por lo tanto no es sólo biología aplicada, por lo que tener buenas ciencias biológicas no implica que automáticamente esto resultará en buena biotecnología. Existen varias otras disciplinas complementarias que también se deben cultivar para que la biotecnología sea exitosa como se ha indicado.

Finalmente, tal como lo indica el tercer área temática del documento principal Chile-Ciencia 2000, es importantísimo afianzar en forma importante las *relaciones con empresas* y también es muy necesaria la *necesidad de dar mas ímpetu al capital de riesgo* tal como se ha comenzado a hacer recientemente a través de la administradora de inversiones Estrella Americana que se encuentra preparando la administración de fondos que CORFO posee para promover el desarrollo y el afianzamiento de pequeñas empresas que desarrollen ideas y conceptos novedosos y de innovación en biotecnología a través de capital de riesgo.

## 12 Ciencias Ambientales

Aceptado el diagnóstico efectuado, hay una serie de propuestas que podrían suplir las deficiencias detectadas tanto en el entrenamiento profesional como investigación en CA. Seleccionando las de mayor impacto se propone<sup>7</sup>:

1. Mejorar la enseñanza en CA a diferentes niveles por medio de:
  - Un programa de capacitación de profesores de enseñanza básica y media a través monitores debidamente entrenados.
  - Incorporar cursos de Ecología en los currícula de profesionales que pueden orientarse a la resolución de problemas ambientales (por ejemplo, abogados, ingenieros y economistas) y realizar periódicamente cursos de postítulo para actualizar el conocimiento ambiental de los actuales profesionales, tanto del sector privado como público.
  - Fomentar la interacción entre ecólogos y profesionales de disciplinas afines y complementarias, a través de programas de investigación sobre problemas de relevancia nacional que requieran un enfoque y equipos de trabajo multidisciplinario.
  
2. Establecer un programa de apoyo a investigaciones en CA de largo aliento, como única manera de obtener información de línea de base y seguimiento de los impactos ambientales más globales. Para desarrollar esas investigaciones cada uno de los ecosistemas chilenos más representativos deberían contar con estaciones biológicas de campo, con infraestructura y equipamiento que permitan investigación teórica y aplicada de alto nivel. Un ejemplo es el reciente fortalecimiento y expansión del programa internacional LTER (Long-Term Ecological Research), liderado por EE.UU., en el cual Chile no participa oficialmente.

Aunque se pueda contar con apoyo del sector privado, es esencial el aporte gubernamental para la continuidad del trabajo. Con tal fin, se propone crear al menos cinco estaciones experimentales de campo en cuencas de ecosistemas terrestres y acuáticos seleccionadas (descritas más abajo), con el fin de proveer facilidades para el desarrollo de investigación, docencia y seguimiento de largo plazo en forma integrada a programas como LTER internacional. Las estaciones deberían estar ubicadas en ecosistemas principales, que tienen relevancia para el país por ser reservorios de un gran capital de recursos naturales, ser depositarios

---

<sup>7</sup> Ninguna de estas conclusiones fue objeto de comentario durante la sesión de Ciencias Ambientales que tuvo lugar en el Edificio Diego Portales el 15 de junio del presente año. Las críticas se centraron en la perspectiva ecológica del documento original y en la omisión del Centro EULA de la Universidad de Concepción. La primera dio lugar a un agregado al documento en que se justifica la perspectiva ecológica permitiendo estructurar la presentación que de otro modo hubiera resultado muy extensa y poco orgánica. En cuanto a la segunda se decidió mantener el carácter general del documento sin mención específica a unidades de diferentes universidades.

de una fracción significativa de la diversidad de especies y tipos de comunidades, y/o sustentar una parte importante de la población humana. Por ejemplo: (1) Ecosistemas desérticos y altioplánicos. (2) Ecosistemas mediterráneos de Chile Central. (3) Ecosistemas de bosques templados costeros. (4) Ecosistemas de bosques templados andinos. (5) Ecosistemas de bosques patagónicos. En este ámbito, es también aconsejable la incorporación de áreas urbanas en un programa de estudios de largo plazo, para regular su crecimiento e impacto sobre los ecosistemas naturales. Se sugiere que la mantención y operación rutinaria de tales estaciones experimentales sea de responsabilidad de Institutos estatales con financiamiento mínimo garantizado por ley, pero a la vez sujeto al control de un organismo o directorio de carácter científico-tecnológico (por ejemplo, CONICYT).

3. Organización de bancos de datos computarizados, apropiadamente normalizados y verificados, con acceso expedito a través de la red internet. El fomento de esta actividad debe ser parte de todo proyecto futuro, e inicialmente objeto de proyectos específicamente orientados a formar tales bancos con las series históricas disponibles.
4. Se propone crear ya sea un Grupo de Estudios *ad hoc* o un Fondo de Desarrollo para las CA, generado por aportes estatales para el caso de temáticas de importancia nacional y global en que el sector privado no manifieste interés prioritario (conservación biológica, biodiversidad, cambio global, etc.) junto con aportes privados para problemas propios de sectores productivos desarrollados (energía, pesca, minería, forestal, etc.). El administrador de este fondo perfectamente podría ser CONICYT, ya sea a través de FONDECYT o de un Fondo de Desarrollo separado.

Los recursos de origen estatal debieran usarse en: 1) Mantener una red nacional de Estaciones Experimentales de Campo de acopio de datos (monitoreo) y centros de investigación a largo plazo. 2) Administrar un concurso anual de proyectos en problemas ambientales de carácter multidisciplinario con activa participación de las universidades mejor provistas de recursos humanos e infraestructura en colaboración con universidades e institutos regionales, privados o estatales, correspondientes al área geográfica de interés. El concurso podría ser administrado por CONICYT por un mecanismo similar al actual de FONDECYT pero con: a) un comité multidisciplinario *ad-hoc*. b) un sistema de revisión más interactivo a nivel del comité o Grupo de Estudios. c) plazos y montos compatibles con las necesidades de las CA. d) controles de avance más rigurosos e interactivos con los investigadores.

Los recursos aportados por el sector privado deberían ser adjudicados según éste estime conveniente, pero parece apropiado que con el mismo mecanismo descrito anteriormente, a fin de coordinar acciones y mantener en el nivel óptimo la calidad de la investigación. El Fisco debiera a su vez ser más generoso en sus incentivos tributarios para estimular a las empresas a contribuir al Estado de esta manera en vez de la más tradicional.

## 13 Ciencias de la Tierra

### Recomendaciones

- Promover una toma de conciencia a escala nacional acerca de la gravitación que las Ciencias de la Tierra poseen en relación con los aspectos científicos, sociales y económicos del desarrollo de nuestro país.
- Incorporar la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en los programas oficiales de estudio de la educación básica y media.
- Implementar políticas para el desarrollo, ampliación, perfeccionamiento y fortalecimiento de los programas de postgrado (Doctorado y Magister) existentes en el área, en particular facilitando el acceso de los estudiantes a ellos a través de una amplia disponibilidad de becas. Propender a la creación y acreditación de un Programa de Doctorado en Ciencias de la Tierra, nacional y multidisciplinario.
- Llevar a cabo una política nacional de incorporación anual de investigadores jóvenes en Ciencias de la Tierra, altamente calificados en sus estudios de doctorado, a las instituciones de educación superior. Esta política es básica para la renovación de los cuadros académicos de las universidades.
- Incrementar la interacción de los centros universitarios que imparten docencia en Ciencias de la Tierra con empresas nacionales con el objeto de abordar temas de tesis de grado y llevar a cabo investigaciones conjuntas.
- Incentivar la contratación de jóvenes profesionales, con doctorados calificados en Ciencias de la Tierra, para parte de las empresas públicas y privadas del país, e.g. CODELCO, ENAP, CONAMA, Ministerios, empresas mineras nacionales y transnacionales.
- Establecer la infraestructura necesaria para la realización de investigaciones acordes con el grado de desarrollo alcanzado por las Ciencias de la Tierra en el mundo y con las exigencias de programas de postgrado del más alto nivel.
- Reforzar y ampliar las redes internet en Ciencias de la Tierra que informan sobre las actividades de los distintos centros donde estas se cultivan. Ello contribuirá, entre otros aspectos, a guiar y motivar a potenciales estudiantes para su ingreso a las carreras del área.
- Fomentar políticas de investigación sistemática del territorio nacional lo que implica crear o fortalecer las instituciones técnicas que el país necesita, e.g. Servicio Geológico Nacional, Servicio Sismológico, estructurados de acuerdo

a las normas y estándares que rigen internacionalmente a las instituciones que realizan investigación aplicada en Ciencias de la Tierra.

- Fortalecer el desarrollo de los grupos de Geofísica en entidades como el SERNAGEOMIN y la ENAP.
- Implementar un programa nacional de Geología de los Fondos Oceánicos dirigido a la formación de investigadores y a la obtención de la infraestructura necesaria para realizar estas actividades, e.g. embarcación adecuada para los estudios de Geología y Geofísica Marinas. Impulsar además el desarrollo de áreas afines tales como dinámica costera, paleoceanografía y batimetría.
- Establecer normas básicas que estimulen una mejor interacción entre científicos nacionales y extranjeros en proyectos de investigación cooperativa que se realizan en el territorio nacional. Con ese objeto se propone la realización de un Encuentro de Cooperación Científica Internacional.
- Solidarizar activamente con países de menor desarrollo científico que el nuestro en materias relativas a las Ciencias de la Tierra.

# 14

## Ciencias del Mar

Juan Carlos Castilla

### Método

El documento fue inicialmente preparado por J.C. Castilla y ampliamente circulado durante los primeros meses del año 2000. En particular, se envió al Comité Oceanográfico Nacional y Sociedad Chilena de Ciencias del Mar. Además, se circuló vía electrónica. Se discutió ampliamente en el Encuentro Ciencia-2000, en presencia de 52 asistentes. Como resultado de la última consulta de Junio 2000 se recibieron 7 sugerencias mayores: CONA, Sociedad C. del Mar, Profesores, N. Bahamonde, O. Ulloa, M.A. Barbieri, T. Yañes, E. Acuña. Estas fueron incorporadas en el documento final (dentro de lo posible).

### 1. Diagnóstico

- 1.1. El documento destaca la naturaleza multidisciplinaria de las Ciencias del Mar (CDM), en sus vertientes Biológica. Física, Química y Geológica-Geofísica.
- 1.2. Se realiza un análisis del número de científicos en el país, concluyéndose que los científicos del listado de la Academia de Ciencias suman aproximadamente 114, pero que se tiene conocimiento que el número total en el país sobrepasa los 400.
- 1.3. Se observa un fuerte desequilibrio entre las disciplinas, con números de científicos más elevados en el área Biológica y muy escasos en las áreas de la física, química geología.
- 1.4. Se analizan los distintos Fondos de investigación a los que concurren los científicos (ciencias básicas y aplicada) para la obtención de fondos, estos alcanzan a 8: FONDECYT; FONDAP Oceanografía y Biología Marina; FONDEF, Comité de Pesca; CONA; Fondo de Investigación Pesquera; Fondo de Desarrollo de la Innovación; INACH; otros fondos internacionales.
- 1.5. Se analizan los programas de pregrado y postgrado. Respecto a los primeros se mencionan las principales carreras y menciones y se destaca la existencia de aproximadamente 900 vacantes anuales para el área. Respecto de los postgrados se destacan las maestrías de la Universidad de Concepción, Universidad del Norte (Coquimbo), la Universidad Católica de Valparaíso y Universidad Austral de Chile. Existen 2 programas de doctorados relacionados con el área que están acreditados por CONICYT y F. Andes: (a) P. U. Católica de Chile (b) Universidad de Concepción.

- 1.6. Se presenta un listado de 16 revistas nacionales que publican trabajos en el área, dos de ellas son ISI.
- 1.7. Se realiza un análisis resumido de los impactos (citas) de los trabajos del área para un subconjunto seleccionado de investigadores (aproximadamente el 10% del total en el país).

## **2. Análisis de futuro**

- 2.1. El documento destaca la existencia de desafíos y oportunidades de investigación únicas en el mar chileno. Se destacan las principales características oceanográficas del Pacífico Sur oriental frente a las costas chilenas y la necesidad de reforzar las investigaciones básicas y aplicadas, del mismo modo que el reforzamiento necesario respecto de innovaciones tecnológicas en CDM.
- 2.2. Existe un desafío nacional de coordinación de las actividades antes mencionadas. Se mencionan las instituciones y organismos relacionados con los procesos coordinadores: CONA, FONDECYT, FONDAP, Sociedad Chilena de CDM. En especial se menciona la necesidad de coordinar acciones a nivel de los programas de doctorado en el país.

## **3. Propositiones específicas**

- 3.1. *En relación con los programas de Doctorado.* Se proponen acciones de reforzamiento a través de la incorporación a los planteles nacionales de investigadores jóvenes con doctorados; incremento del número de becas de doctorado en el área; desarrollo de programas cooperativos inter-universidades y acciones más permanentes de acreditación. Se indica que se requiere una atención especial para el desarrollo de menciones en las áreas más deficitarias en el país: Física, Química y Geología-Geofísica.
- 3.2. *En relación con contratación y renovación de personal en CDM en las Universidades.* Se indica la necesidad de elaborar un plan de incentivo para la incorporación (renovación de cuadros de investigadores) de nuevos investigadores a las Universidades chilenas. Se indica un mínimo de 50 investigadores en CDM para 5 años (estos investigadores existen tanto en el extranjero como en Chile). Además, se propone el establecimiento de un plan especial para la contratación de profesionales en CDM altamente calificados en las industrias nacionales.
- 3.3. *En relación con buques oceanográficos, plataformas y centros de investigación.* Se indica la necesidad de contar con un nuevo Buque Oceanográfico para el país, con capacidad para realizar investigaciones dentro de las 200 millas y de alcanzar aguas antárticas. Se menciona la necesidad de invertir en equipamiento mayor, en especial en lo relacionado a

equipos oceanográficos (ejemplo plataformas ancladas) de última generación. Se menciona la urgente necesidad de iniciar un plan especial que promueva la conformación de consorcios interuniversitarios e internacionales por la envergadura del tipo de investigaciones oceanográficas. Las Estaciones Costeras del país deberían conformar uno de tales Consorcios. Se indica que este plan debería estar incentivado por la existencia de un fondo especial de alrededor de US\$ 400.000 dedicado exclusivamente al financiamiento del uso de plataformas oceánicas (Buques y otras plataformas como Boyas ancladas; los costos de uso de los buques actualmente en el país, ej. AGOR "Vidal Gormaz" Armada de Chile y B/I "Abate Molina", IFOP, son de alrededor de US\$ 5.000-6.000 por día).

- 3.4. *En relación con Coordinación Nacional.* Se indica la necesidad de crear un mecanismo nacional de coordinación a nivel académico, de investigación y promoción de innovación tecnológica en CDM y que promueva aspectos de descentralización a lo largo del país, a fin de acceder a ventajas comparativas.
- 3.5. *En relación con la difusión y valorización del ambiente marino.* Se propone fomentar y promover la incorporación de contenidos relativos a las CDM en planes, programas y textos de la educación básica y media del país. Desarrollar acciones conjuntas con el Ministerio de Educación, publicar material para los estudiantes y especialmente capacitar profesores.

## 15

### Ingeniería

La Ingeniería juega un papel relevante en el proceso de comunicación efectiva entre la Ciencia como creadora del conocimiento, y la Sociedad consumidora de las aplicaciones de la Tecnología, en busca de mejorar la calidad de vida. El Ingeniero es el llamado a resolver esta ecuación, con profesionales creativos que puedan proyectar, modelar y actuar en los problemas de utilización de los recursos naturales y en la definición de los requerimientos ambientales.

Nuestro país se encuentra en pleno proceso de transformación, desde una sociedad casi de supervivencia a otra de mayor desarrollo, en que el bienestar de las personas pasa a ser prioritario, incluyendo no sólo las necesidades básicas sino también otras de mayor nivel relacionadas con la calidad de vida, incluyendo la conservación del medio ambiente, vivienda, comunicaciones, transporte, vida urbana, salud, educación, diversión. El ingeniero está presente prácticamente en todas estas actividades, teniendo por tanto un papel protagónico en esta nueva realidad. Por otra parte, la globalización de la economía y la cultura, así como el desarrollo acelerado del conocimiento tecnológico, crean grandes desafíos y oportunidades para la ingeniería nacional.

La ingeniería chilena tiene prestigio por su calidad, seriedad y eficacia. Ha hecho un muy buen trabajo como respuesta a demandas. Pero ante los nuevos desafíos necesitará de mayor iniciativa para adaptarse a las nuevas tecnologías, a la competencia internacional y ser capaces de formular nuevas realidades.

#### **1. Aspectos más relevantes de la ingeniería nacional actual:**

- 1.1. Importancia progresiva del conocimiento como factor de creación de riqueza y de desarrollo en la sociedad. A la ingeniería le cabe un rol fundamental en muchos campos de la actividad humana.
- 1.2. En la sociedad actual se presenta un conflicto permanente entre los requerimientos del desarrollo humano y el entorno. El ingeniero, por su participación preponderante en la creación y uso de la tecnología, debe estar muy consciente de esta realidad y actuar éticamente en consecuencia.
- 1.3. La sociedad moderna está cada vez más influenciada por los conocimientos científico–tecnológicos. Su aplicación para beneficio del hombre es el objetivo fundamental de la profesión de ingeniero.
- 1.4. La producción de ingenieros en las universidades chilenas ha aumentado considerablemente, especialmente por la incorporación de nuevas universidades de carácter privado, cuya actividad principal es la docencia

profesional. También ha crecido el número de especialidades y la variabilidad del nivel de las escuelas de ingeniería.

- 1.5. En los últimos años se ha producido una gran inversión extranjera, la cual ha sido factor de progreso, pero conlleva también una tendencia al uso de ingeniería extranjera, con el consiguiente desafío para las empresas de ingeniería nacional. Al mismo tiempo, ha aumentado también en forma considerable la inversión chilena en el extranjero, lo cual da proyecciones a la ingeniería chilena hacia el exterior.

## **2. Desafíos y oportunidades**

- 2.1. Impacto de la globalización de la sociedad sobre el ejercicio de la ingeniería nacional. Las actividades de la ingeniería trascienden las fronteras y las empresas nacionales deben ser competitivas a nivel internacional. Este hecho se refuerza por otros factores, como las tecnologías de las comunicaciones y el mejoramiento de la productividad, que dan ventajas comparativas a empresas extranjeras.
- 2.2. El mejoramiento de la productividad nacional es un desafío impostergable para la ingeniería chilena, especialmente en las empresas de servicios de la ingeniería, que pasa a ser un factor fundamental para la competitividad internacional. La exportación de servicios, dentro de los cuales está la ingeniería, es muy conveniente para el desarrollo nacional, pues es sabido que tiene un efecto multiplicador: la exportación de una unidad de servicio trae unida la exportación de 4 unidades de bienes. La competitividad nacional no podrá depender en el futuro del bajo valor de la mano de obra, sino de la productividad del trabajo, factor en que Chile es deficiente. Las causas de esta baja productividad son varias: problemas estructurales de las empresas; poca incorporación de automatización y tecnologías de la información; falta de capacitación adecuada; malos hábitos en el trabajo; baja consciencia de la importancia de la calidad en el servicio, etc. En promedio, en Chile se trabaja más que en muchos otros países para conseguir lo mismo.
- 2.3. El uso ventajoso de las tecnologías de la información. La práctica de la ingeniería se ha visto alterada por la incorporación masiva de tecnologías tales como el diseño asistido por computadores, las comunicaciones electrónicas multimediales que permiten el trabajo a distancia, la simulación y los nuevos métodos de gestión. La realidad actual es que empresas multinacionales realizan la ingeniería en el lugar que les resulte más conveniente. En otras palabras, la tecnología de comunicaciones ha eliminado la barrera de la distancia. Al mismo tiempo, la aeronáutica ha progresado enormemente, de manera que hoy es más corto, seguro y económico viajar que hace algunos años.
- 2.4. Adaptación de la enseñanza de la ingeniería a la nueva realidad.

### **3. Medidas concretas**

- 3.1. Aumentar el porcentaje del presupuesto de investigación que se destina a tecnología e innovación.
- 3.2. Procurar el aumento de las actividades de investigación y desarrollo en las empresas. Para ello, dentro de otras medidas, es necesario estudiar e implementar una legislación tributaria adecuada.
- 3.3. Fomentar programas de postgrado en ingeniería, aumentando el número de becas y abriendo éstas a estudiantes extranjeros.
- 3.4. Aumentar los recursos del FONDEF, programa que ha demostrado ser efectivo en la vinculación Universidad – Empresa y en el desarrollo tecnológico regional.
- 3.5. Crear Centros de Investigación Tecnológica de punta dentro de un plan de desarrollo en áreas estratégicas para el país, tales como: Mecatrónica, Informática, Biotecnología, Control de Peligros Naturales, Acuicultura, Geología Aplicada, etc. Éstos constituirían la contraparte de los Centros en Ciencias Básicas, actualmente en desarrollo (FONDAP, Milenio).

## 16 Ciencias de la Minería

J. Menacho, C. Barahona, J. Jofré y M. Viera  
*Instituto de Ingenieros de Minas de Chile*

### Diagnóstico

La Minería es una actividad industrial de indiscutible relevancia económica en el desarrollo presente y futuro del país. La competitividad de esta industria está fuertemente ligada al liderazgo que pueda sustentar nuestro país en el ámbito tecnológico.

Muchas de las tecnologías de proceso, actualmente en uso, son de la primera mitad del siglo XX y están en estado de madurez avanzada en mayor o menor grado. Las vías preferentes de desarrollo tecnológico en los últimos 20 años han sido la incorporación creciente de tecnologías blandas, el gigantismo y algunas innovaciones menores de métodos y procesos.

La innovación tecnológica en la Minería en general es muy lenta, porque se trata de una actividad económica de alto riesgo, que para ser rentable mueve volúmenes gigantes de materiales de baja ley y de bajo valor económico unitario del elemento que se recupera. En tal contexto, históricamente ha predominado el paradigma de que *cambios radicales no exitosos pueden significar pérdidas económicas cuantiosas*, por sobre el paradigma inverso de que *cambios radicales exitosos pueden significar beneficios económicos cuantiosos*.

Si se analiza la situación de la investigación e innovación tecnológica en los países desarrollados, se puede constatar que se ha perdido interés por destinar recursos al área minera, volcando los esfuerzos económicos hacia áreas tecnológicas emergentes, como son la biotecnología, la inteligencia artificial, la ciencia de los materiales y otras. Esta situación pone el desafío a los propios poseedores de los recursos naturales, de desarrollar ellos mismos las tecnologías que sustenten la explotación de sus riquezas.

En Chile, la oferta de investigadores con dedicación completa en los departamentos de Minas y de Metalurgia no supera los 150 académicos, y de éstos, sólo la mitad ostenta estudios de postgrado. A las carreras del área no ingresan los postulantes de mayores puntajes en la P.A.A. y existe una sobre oferta de cupos de postgrado.

Considerando el alto nivel de exigencia de la mayoría de las actividades de la sociedad moderna, se percibe que con una mayor planificación y control, los docentes podrían mejorar la eficiencia y eficacia en el logro de sus objetivos.

El Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM, creado en 1971 como un eje para realizar actividades de investigación y desarrollo a nivel nacional, es hoy un "holding" de 5 empresas, sociedades anónimas, dedicadas esencialmente a la prestación de servicios de apoyo a la Minería. Dentro de su quehacer, sólo una parte menor participa en actividades de investigación e innovación tecnológica, I&IT.

El IM2, instituto de investigación de CODELCO-Chile de creación en 1999, está formado por 23 personas de jornada completa, tiene muy poca infraestructura propia y desarrollan actividades de I&IT exclusivas para CODELCO.

Hay empresas de ingeniería con algunas capacidades de I&IT, pero su acceso al sistema nacional de concursos es casi nulo.

Las empresas productivas dedican algunos recursos a actividades de I&IT, pero dirigidas principalmente a problemas de control y optimización de sus procesos.

Completan el cuadro las capacidades de las empresas proveedoras de equipos, instrumentos e insumos, que realizan desarrollos de acuerdo a sus propias conveniencias, intereses y posición en su mercado.

Considerando todas las capacidades de investigadores de dedicación permanente, se estima que en conjunto a nivel país no superan las 500 personas.

En la década 1990-2000 se han presentado 14.328 proyectos de investigación básica al concurso FONDECYT, de los cuales 22 han provenido de departamentos de Minas y 177 de departamentos de Metalurgia, lo que representa menos del 1.5% del total nacional. De éstos, se han financiado 5.278 proyectos, correspondiendo 6 a Minas y 49 a Metalurgia, que es alrededor del 1% en total.

Considerando juntos FONDEF, FONDECYT y FONTEC en el mismo período, en Minería se han invertido US\$ 32 millones, la mitad aportada por el Estado de Chile y la otra mitad aportada por las empresas de contraparte. Tres entidades, CIMM, Universidad de Chile y Universidad de Concepción, han obtenido el 60% de los recursos en proporciones aproximadamente iguales.

CODELCO-Chile ha incrementado su inversión en I&IT desde alrededor de US\$ 12 millones en 1990 hasta US\$ 19 millones en 1999, correspondiendo esta última cifra a un 0.65% de sus ventas. Estas cifras se deben considerar con precaución, ya que incluyen ítemes que no corresponden a la definición clásica de investigación e innovación tecnológica.

## Conclusiones del diagnóstico

- No se están generando suficientes ideas de recambio tecnológico y la interacción entre Minería y Ciencias Básicas es bajísima.
- Los jóvenes muestran poco interés por estudiar ingeniería de Minas y Metalurgia. Los que egresan de tales carreras tienen escaso interés en seguir estudios de postgrado en el área y hacer carrera docente.
- Se requiere incrementar los recursos destinados a I&IT en Minería, así como también los beneficios a los académicos involucrados. Ellos a su vez, deben mejorar el uso de su tiempo en actividades docentes y de investigación.
- La masa de investigadores en Minería a nivel país es claramente insuficiente en relación a la relevancia del área. Los académicos deben mejorar los índices de acreditación de postgrado.
- En la última década se han invertido unos US\$ 50 millones en I&IT, excluyendo lo invertido por CODELCO y otras empresas fuera de FONDEF, cifra también considerada exigua en relación a los desafíos tecnológicos del área.
- En la actualidad hay esfuerzos dispersos que no obedecen a lineamientos de planificación estratégica del país, ni a una política científica y tecnológica robusta, ni tampoco a una política sistemática del sector Minería. Muchas de las debilidades detectadas en este diagnóstico tiene su origen en este aspecto.

## Propuestas

El IIMCh considera fundamental que el país disponga de una importante actividad de investigación científica y tecnológica en Minería. Los recursos que se destinan y el esfuerzo que se realiza en el tema son claramente insuficientes y están dispersos. El IIMCh propone robustecer la *Política Minera* a nivel país, que en lo contingente a actividades de investigación y transferencia tecnológica, considere lo siguiente:

- Definir e implantar, en conjunto con la industria, un *Sistema Nacional de I&IT* en Minería, desde la perspectiva actual y futura del país, en donde se consideren y aborden los temas prioritarios, incorporando los problemas e intereses de la industria, con carteras de proyectos de corto, mediano y largo plazo. El Sistema debe considerar 3 pilares básicos: las necesidades del país, las capacidades dentro y fuera del país y las fuentes de financiamiento posibles, todo ello insertado dentro del marco político sectorial de Minería y de la política nacional de ciencias y tecnología.

- El plan señalado debe considerar un marco que estimule la inversión en I&IT por parte de las empresas mineras, con incentivos tributarios y otros instrumentos de beneficio compartido. También debe tener un programa suficientemente flexible y abierto como para permitir la formación de redes de los diferentes agentes del sistema, que utilice en forma óptima los recursos humanos y materiales, que permita nivelar la calidad de los diferentes actores, que permita el acceso directo de investigadores independientes a los fondos de desarrollo de proyectos y que considere instrumentos especiales para los investigadores jóvenes.
- Uno de los aspectos claves para que un programa de I&IT sea exitoso, pasa por disponer de instrumentos robustos de control técnico del desarrollo del mismo. Este es un aspecto donde históricamente han fallado otros intentos en el pasado y también es una debilidad del sistema actual. Se propone revisar este aspecto en forma crítica y mejorarlo, en un esquema que debe iniciarse con la revisión desde la formulación de los programas de trabajo, pasando por revisiones y auditorías en el desarrollo de los mismos e incluso, considerando controles postproyecto.
- Definir un marco en que se ofrezca a los investigadores mejores expectativas, con un mayor grado de compromiso en términos de eficiencia y eficacia en el logro de metas y resultados, en las áreas de docencia, investigación e innovación tecnológica. Promover la asociación de universidades con empresas de transferencia tecnológica para que el contacto universidad industria no exija a la primera abordar tareas o generar estructuras internas que no le son propias y que la distraen de su quehacer fundamental.
- Reforzar las capacidades de infraestructura creando, por ejemplo, centros de excelencia en torno a problemas relevantes de la Minería. Esto creará opciones reales de trabajo que hagan atractivo realizar postgrados en Minería. No basta difundir lo que queremos, se debe mejorar la oferta a los talentos jóvenes.
- Crear un plan comunicacional del sector minero, tendiente a mejorar la imagen y conocimiento de las actividades mineras tanto productivas como de I&IT, en su importancia y diversidad, por parte de la población del país. Este esfuerzo debe abarcar todos los niveles de educación: básica, media y universitaria. También, este plan debe promover el diálogo y trabajo en conjunto de las empresas mineras en aquellos problemas de I&IT que le son comunes.

## Comunicación pública de la Ciencia en Chile

### Propuestas para fomentar la divulgación de la Ciencia y Tecnología:

1. Formulación de un Plan Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Tecnología, a cargo del Ministerio de Educación. Debe ser producto de consenso y debe motivar y articular el trabajo de los medios de comunicación social, las unidades de comunicación de las universidades y otros centros e investigación, los museos, observatorios, CONICYT, FONDECYT, FONDEF, COCHEN, Fundaciones, Juventudes Científicas, Instituto Nacional de la Juventud, Colegio de Periodistas de Chile, colegios profesionales, ACHIPEC.
2. Estudiar y establecer un Programa Especial de Becas de postítulo y postgrado para periodistas titulados y en ejercicio, dentro del programa "Becas Presidente de la República", en el campo del periodismo científico y educativo.
3. Organizar un Programa Anual de Pasantías y visitas dentro y fuera del país, para que periodistas jóvenes se informen del funcionamiento, trabajo, recursos humanos calificados, publicaciones y proyecciones de centros, áreas, unidades, institutos o departamentos especializados en el campo de la ciencia y la tecnología.
4. Estudiar y suscribir un convenio amplio de cooperación entre la Asociación Nacional de la Prensa, el Colegio de Periodistas de Chile y el Consejo de Rectores de Universidades Chilenas, con el fin de llevar adelante acciones destinadas a "crear una conciencia pública del valor de la educación, la ciencia y la cultura para el desarrollo nacional". La iniciativa está llamada a vertebrar acciones entre los medios de comunicación, el gobierno, el sector privado, los educadores y las generaciones nuevas, entre otros actores sociales.
5. Fomentar la creación de bases de datos de revistas académicas de diversas áreas del saber, en idioma español, para hacerlas accesibles a investigadores, profesores y periodistas científicos de Chile y otros países de América latina, a fin de facilitar el acceso a informaciones y conocimientos que motiven la realización de estudios de pre- y postgrado, así como su divulgación a través de los medios de comunicación.
6. Contribuir, desde la óptica del periodismo científico, a la inserción de la realidad chilena (ciencias sociales y humanidades, ciencias básicas y aplicadas, tecnologías) en el mundo globalizado a través de la traducción a otros idiomas de los productos comunicacionales que divulguen la ciencia y tecnología generada en el país.

7. Impulsar la organización y funcionamiento de cursos para científicos en formación (postgraduados) sobre cómo divulgar la ciencia, con la colaboración de periodistas especializados y científicos que se desempeñan en la comunicación científica pública. Esta propuesta surge en función a que nadie instruye a los investigadores sobre la importancia de comunicar y participarle a la sociedad sus aportes, y la forma como lograrlo utilizando los medios regulares o los electrónicos.
8. Expandir, cuanto sea posible, la experiencia que realizan algunos científicos de visitar y dialogar con alumnos y profesores de colegios. La imagen del científico entre los niños y adolescentes está llena de estereotipos, transmitidos y reiterados -entre otros- por los medios informativos. Se estima que el contacto del investigador con el niño y sus padres hará posible cambiar la aceptación cultural y social del científico y, de paso, incentivar vocaciones e interés por la ciencia y tecnología.
9. Recomendar a los medios de comunicación social que en los despachos de los periodistas no se ponga el acento en la espectacularidad sino en lograr la comprensión descodificada del mensaje científico. Para alcanzarlo, es fundamental la cooperación de los científicos, académicos y profesionales con los periodistas y comunicadores sociales.
10. Recomendar a las universidades, institutos de investigación del Estado y entes privados para que comuniquen su quehacer científico y tecnológico y sus proyectos al gran público; y abran con alguna periodicidad sus laboratorios, gabinetes, museos, campos de experimentación, observatorios, clínicas, herbarios, colecciones especializadas, etc. para conocimiento y motivación del público, en especial de las nuevas generaciones.

## 18 Enseñanza de las Ciencias

Fernando Salvo M., Hernán Verdugo Fabiani

### 1. La realidad nacional sobre los profesores de las disciplinas científicas, en ejercicio

Información del MINEDUC: Profesores del sector en ejercicio

Asignatura	Ejercen	Titulados	Porcentaje	Otros	Porcentaje
Matemática	8.969	5.311	59,2	3.658	40,8
Física	1.070	768	71,8	302	28,2
Química	1.454	961	66,1	493	33,9
Biología	1.786	1.391	77,9	395	22,1
Técnico Profesional	6.469	2.641	40,8	3.828	59,2

Es relevante el alto porcentaje de docentes, de otras especialidades, que ejercen asignaturas del área de las ciencias y de la enseñanza técnico profesional. Es impactante pensar que ese porcentaje corresponde a profesores, supuestamente, no habilitados en impartir una asignatura determinada y que tienen la responsabilidad de formar a los estudiantes de nuestro país.

Información MINEDUC: Destino laboral de docentes del sector

Asignatura	Ejercen	Titulados	Porcentaje	Otros	Porcentaje
Matemática	8.261	5.311	64,3	2.950	35,7
Física	1.098	768	69,9	330	30,1
Química	1.393	961	69,0	432	31,0
Biología	2.379	1.391	58,5	988	41,5
Técnico Profesional	3.416	2.641	77,7	775	22,3

Se aprecia, como falencia de nuestro sistema educacional, un importante número de profesores titulados del sector, que a la hora de ejercer eligen caminos ocupacionales alternativos en busca de opciones económicas más atractivas.

También preocupa el hecho que cada vez son menos las personas que están egresando de las carreras de Pedagogías científicas, a pesar de los esfuerzos realizados por el estado y las universidades.

En suma, al problema anterior, es una realidad de que un gran porcentaje de los pocos egresados de pedagogías científicas son atraídos por las mismas universidades, impidiendo que aumente la ya deteriorada cantidad de profesores que se necesitan.

## **2. Las necesidades de docentes del área en la realidad escolar**

Los problemas planteados en el punto anterior, como es la falta de profesores del sector en ejercicio, afectan principalmente a las zonas rurales, aisladas y zonas de riesgos de las grandes ciudades.

Es un hecho incuestionable el que muchos cargos de profesores de ciencias tienen que ser cubiertos con profesionales que no cuentan con el título de profesor. Profesores de matemáticas haciendo clases de física, químicos farmacéuticos realizando clases de química, etc. u otra persona que autorice el Ministerio de Educación.

Uno de los aspectos más críticos se observa en la asignatura de Tecnología, donde por falta de docentes habilitados, y de programas de formación inicial, se recurre a profesores con un mínimo de perfeccionamiento en el área e incluso sin ella. Confluyendo a este sector de aprendizaje, docentes de las más variadas formaciones iniciales, en las cuales se destacan aquellos que ven disminuida su carga horaria anterior.

Se requiere un urgente crecimiento de la cantidad de profesores de ciencias y de tecnología, que se dediquen a su profesión en las modalidades de enseñanza básica y media.

Por lo tanto, es imperioso crear estrategias que motiven por un lado al ingreso de personas a carreras de pedagogía y desde otra perspectiva incentiven la permanencia en ellas y posteriormente en el sistema educacional.

Deben considerarse también estrategias que tiendan a dignificar la tarea docente en el desarrollo social del país.

## **3. Capacitación y perfeccionamiento docente**

Al problema de la carencia de docentes en el sistema se agrega el referido formación en servicio (formación continua).

La calidad de la educación que se imparte en gran medida está ligada a la actualización del conocimiento que los profesores están haciendo.

Ahora bien, existe un gran número de profesores que asisten a jornadas de perfeccionamiento en la medida de que el establecimiento en que ejercen se los pida, y no necesariamente nace de una necesidad de desarrollo profesional.

También existe un nutrido grupo de profesores que no asisten a perfeccionamiento y/o capacitación alguna y se han quedado sólo con la formación inicial.

A raíz de la implementación de la Reforma Educacional se visualiza un aumento en la oferta de programas de actualización y perfeccionamiento docente, y por ende, en la asistencia de profesores a estos cursos.

La Reforma Educacional plantea una urgente necesidad de contar con profesores que estén debidamente actualizados, pues nos pide que la enseñanza esté contextualizada. Tómese en cuenta el desarrollo y avance que han tenido las ciencias y la tecnología en los últimos decenios.

#### **4. Aspectos a considerar de las propuestas mínimas para los sectores de aprendizaje de las ciencias y la tecnología**

- **Respecto de la finalidad de la Educación científica**

Nos parece oportuno y satisfactorio que la orientación de la educación científica tienda a favorecer la formación cultural de toda la población, y que no sea un privilegio de acceso sólo para unos pocos, como ha sido en las anteriores propuestas curriculares.

Será necesario, como ya se ha planteado anteriormente, establecer adecuados procesos de desarrollo profesional docente, para lograr con éxito las previsiones establecidas por la reforma curricular.

Será necesario que las casas formadoras de docentes ajusten sus procesos de enseñanza, de tal manera que las nuevas generaciones de docentes estén capacitados para enfrentar los desafíos que establece la reforma, tanto en los aspectos curriculares, como de prácticas pedagógicas, gestión curricular y evaluación.

- **Respecto de los contenidos mínimos**

Una de las grandes preocupaciones, es la responsabilidad que cae sobre los que conducen las diferentes unidades educativas del país que:

- Efectivamente sean estos considerados como mínimos y no como metas máximas a lograr.
- Sean estos logrados en coherencia con los Objetivos Fundamentales de la Educación Científica, propuesta por el nuevo marco curricular.

- **Respecto de la Formación Común**

Consideramos que no es suficiente el contar con sólo dos años de formación general en Enseñanza Media, modalidad Técnico Profesional y en la modalidad Humanista Científica solo dos de tres subsectores en el segundo ciclo,

ya que la demanda de conocimiento actual, tanto en cantidad como en calidad de los aprendizajes merece quizás una extensión mayor.

La matriz curricular otorga una disposición de dos horas pedagógicas para cada uno de los subsectores de aprendizaje en la formación general del primer ciclo de Enseñanza Media. Si las Unidades Educativas mantienen esta carga horaria propuesta, sin asignar tiempo de su libre disposición, los objetivos planteados por la propuesta quedarán reducidos sólo a su expresión descriptiva y cualitativa, sesgando de esta manera la calidad de los aprendizajes necesarios para producir en la población un proceso de alfabetización y de reflexión científica de calidad.

Se debe tomar en cuenta que los temas propuestos para el plan común del segundo ciclo de Enseñanza Media, no constituyen una profundización de los estudiados en el primer ciclo, luego que son temas distintos, por lo tanto no se logrará una maduración adecuada de los temas, dejando esta posibilidad a aquellos que opten por una formación diferenciada en esta área.

Una última interrogante interesante de producir un análisis global es ¿Los Objetivos Fundamentales interpretan realmente la necesidad de todo ciudadano egresado de Enseñanza Media de alfabetización y reflexión científica básica de nuestra realidad? ¿Existirán sectores del conocimiento científico que sean imprescindibles para una formación básica de nuestros ciudadanos, que no estén considerados en esta propuesta? ¿Por qué disciplinas como las ciencias de la tierra y del mar, tan importantes en el desarrollo y vida de nuestro país, no están incluidas en los OFCMO?

## **5. Análisis crítico del sistema educacional formal e informal**

Si bien es cierto que los desafíos propuesto por la reforma curricular son de gran envergadura y su correcta implementación, ajuste y perfeccionamiento producirán cambios sustantivos en la calidad de la Educación Chilena, es necesario reconocer que una mejoría global en el proceso de alfabetización y reflexión científica básica no puede ser atacado sólo desde la Educación Formal, la que afecta solamente a la población escolar del país. Este último reconocimiento involucra decisiones e instancias que apunten al desarrollo de programas de Educación Informal, que sirvan tanto a la complementariedad del sistema escolar formal, como de impacto en la población que no esta involucrada en el sistema escolar. Por lo tanto, consideramos que se deben emprender desde el estado como de las ONG, instancias de educación popular, de divulgación y de promoción del conocimiento científico.

## **6. Análisis crítico del sistema educacional**

Desde la perspectiva de la Asociación Nacional de Profesores de CYNICS, podemos mencionar algunos factores que atentan contra la calidad de la educación científica:

- La carencia de la cantidad suficiente de profesores de ciencias es un impedimento creciente para que la enseñanza científica la realicen personas idóneamente habilitadas.
- Falta de un sistema de formación continua permanente.
- Las bajas remuneraciones de los docentes desmotivan la creación de nuevas vocaciones, atentan contra la calidad de vida de los docentes en ejercicio y decae su interés por el perfeccionamiento.
- La carga horaria que debe asumir el profesor para alcanzar un sueldo más aceptable es excesiva.
- No existe en los contratos de trabajo tiempo asignado para la preparación y evaluación de experiencias de aprendizaje.
- La oferta de perfeccionamiento de calidad se establece a costos prohibitivos para muchos de los docentes en ejercicio

## 7. Desafíos

### **Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): una propuesta que la ANPC puede hacer**

En la estructura social de nuestro país, el sistema escolar cumple un rol fundamental a la hora de establecer un patrón cultural que nos caracteriza como nación que, en vías de desarrollo, impulsa estrategias para alcanzar un nivel de calidad de vida aceptable para las personas que la componen.

Desde todos los sectores de opinión se aclama al papel preponderante que debe jugar la educación para salvar situaciones de infortunio que nos aquejan de vez en cuando.

Ahora bien, el desarrollo inmediato que el sector científico tecnológico quiere impulsar, requiere de una población más informada y proclive a hacer suyo, en corto plazo, aquellos conocimientos y saberes indispensables y contextualizados, para que el impacto producido en la sociedad no sea negativo y un freno u obstáculo para el devenir que se desea.

La Asociación Nacional de Profesores de Ciencias, junto con promover espacios de participación donde los profesores puedan actualizarse y perfeccionarse para el desempeño de sus funciones, en el aula y en el sistema escolar nacional, quiere promover una serie de valores que harán que la enseñanza de las ciencias conlleve un fortalecimiento coherente con el perfil democrático y de ciudadano responsable que se quiere para toda persona formada en nuestro país.

La ciencia y la tecnología dejaron de ser neutras y un mero producto de la investigación y desarrollo del conocimiento, ahora están sujetas a controles y filtros que se vinculan a los programas de desarrollo político por un lado y

empresarial por otro. Están limitadas a los marcos valóricos de las instituciones que las realizan.

La sociedad se ha preocupado, quizás sin intenciones, de colocar al científico y al investigador las necesidades que le son propias, y éstos – con el afán de producir para la sociedad – debe respetar las reglas y condiciones mínimas que les pone, entre ellas está el cuidado por el patrimonio ya logrado, prueba de ello son las acciones que instituciones, como la CONAMA, hacen cuando se requieren los permisos para implementar estaciones de desarrollo tecnológico.

La Asociación Nacional de Profesores de Ciencias quiere hacer ver a los Profesores de Ciencias que la enseñanza de estas materias lleva consigo una carga valórica de la cual no estamos ajenas de promover. Buscamos que las personas que se formen en nuestro sistema respondan a las reales necesidades de la sociedad. Queremos que el ámbito de acción de las personas sea integrado a la sociedad y no ajena a ella, queremos que las generaciones futuras compartan las obligaciones y tareas que a todos nos competen para hacer crecer a nuestras familias, localidades, regiones y a todo el país.

Ciencia, Tecnología y Sociedad forma un todo indisoluble, están interrelacionadas y ya no pueden desarrollarse en forma independiente. Esto lo deben saber nuestros educandos, para que cuando a ellos les corresponda actuar no estén ajenos a las obligaciones que unos actores les proponen a otros.

## **8. Papel de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias en el presente y futuro:**

La Asociación Nacional de Profesores de Ciencias nació para ser una organización que se preocupara de cooperar con la necesidad de mejorar la calidad de la enseñanza en nuestro país, particularmente la científica y la tecnológica.

Nació también para promover talentos y permitir que cada día fueran más las personas capaces y motivadas para desarrollar la ciencia y la tecnología, pasando por las capacitaciones o estudios de las ciencias básicas, requisito previo para lo anterior.

La Asociación Nacional de Profesores de Ciencias debe seguir ocupándose de generar espacios de crecimiento personal de los profesionales, los profesores, que enseñan en los primeros peldaños del conocimiento científico y tecnológico.

Los primeros pasos son los más importantes, por ello los profesores que enseñan ciencia deben hacerlo y bien, hacerlo con entusiasmo y con cariño. Para ello deberán estar debidamente actualizados y perfeccionados, si no es así se seguirá enseñando a una sociedad que históricamente está quedando obsoleta.

La Asociación Nacional de Profesores de Ciencias, a futuro, deberá continuar con lo que ya está haciendo, pero debe avanzar y propender a ser una voz autorizada para representar al sector frente a las necesidades de la nación.

Debe ser un interlocutor válido ante el Ministerio de Educación, no sólo para ser consultado sino que para promover estrategias y programas más de acuerdo a los requerimientos que la sociedad moderna le impone al sistema escolar.

Aprovechando espacios ya adquiridos, debe perseverar en el estrechamiento de lazos entre los científicos e investigadores y los docentes de enseñanza básica y media, para que en conjunto se puedan ordenar las necesidades cognitivas que, actualizadas, deben llegar a los estudiantes.

### **Rol de los Programas No Formales de Educación en Ciencia y Tecnología.**

Haydée Domic T.

En los últimos años estos Programas, que incluyen diversas acciones, han tomado mucha fuerza tanto en los países desarrollados como aquellos en vías de desarrollo, con distintas motivaciones, pero con el objetivo central de mejorar la alfabetización científica de su población.

En Chile el Programa EXPLORA de CONICYT es una iniciativa Nacional y Permanente de Educación No Formal de la Ciencia y la Tecnología que ha logrado posicionarse en la comunidad científica y educativa ya que:

- Ha incorporado desde sus inicios a la comunidad científica, transformándola en uno de sus pilares fundamentales.
- Ha logrado articular, en forma sistemática y de proyección creciente, diversas modalidades de Valoración y Divulgación de la CyT y, a su vez, diversos actores de la sociedad chilena y extranjera: comunidad científica y tecnológica, entidades públicas y privadas, empresas productivas y de servicio, profesores, alumnos, padres y apoderados, la sociedad en general.
- El movimiento de Educación No Formal puede otorgar un soporte muy significativo a la reforma educativa en marcha y a la necesidad de educación para toda la vida. Su acción más importante es proveer el acceso a donde verdaderamente se produce el desarrollo científico y tecnológico, en diferentes formas que permitan un entendimiento y aplicación más profunda de la CyT y entregar herramientas para participar en el debate democrático en ciencia y problemas sociales, como al que hoy estamos convocados.

## Visión de los Estudiantes de postgrado

Con motivo del Encuentro Chile-Ciencia 2000, se generó una amplia discusión entre los estudiantes de postgrado al interior de las facultades. En las siguientes páginas resumiremos las principales conclusiones que emanaron de estos foros, en especial aquellas referentes a los requerimientos mínimos con que debe contar una política en ciencia a largo plazo.

Durante los últimos cinco años el gobierno realizó grandes esfuerzos para generar fondos de apoyo a grupos científicos consolidados (e.g. FONDAP, MILENIOS). Si bien estamos de acuerdo en contar al menos con uno de estos fondos, ya que son necesarios para mantener a los científicos de mejor nivel en el país, creemos que si se constituye como la única iniciativa gubernamental, reduce el quehacer científico a un número limitado de pequeños grupos de excelencia, incapaces de abordar la amplia gama de problemáticas a resolver en nuestro país.

Por lo tanto, solicitamos desarrollar una política dirigida no sólo a apoyar a grupos de elite, sino que además otorgue un decidido apoyo a la formación de nuevos científicos; sólo de esta forma el país podrá contar con un cuerpo científico capaz de diversificar las áreas de investigación y abarcar las necesidades locales.

Destacamos el beneficio que ha significado el fondo MECESUP para los programas de postgrado, que permite mejorar la calidad docente y financia iniciativas tendientes a una mayor cooperación interuniversitaria. Se requiere asegurar la continuidad y el mejoramiento de este fondo.

Sin embargo, debemos resaltar el enorme déficit de becas doctorales que en 1999 sólo llegaron a sesenta y siete. Es imprescindible un aumento sustancial en el número de becas doctorales así como la necesidad que incluyan cobertura de salud.

En este mismo sentido, sugerimos a S.E. el Presidente de la República, que revise los criterios en la asignación de las becas que se otorgan a su nombre, puesto que no asegura la calidad académica de los beneficiados.

La formación del científico postgraduado contempla una primera etapa de formación académica y una segunda etapa de ejecución de proyectos científicos (tesis). Esta estructura representa un escenario inmejorable para permitir el ingreso de nuevas fuentes de financiamiento para proyectos de tesis y para los mismos científicos. Estas fuentes provendrían de empresas o institutos de investigación que encontrarán proyectos compatibles con su desarrollo. Proponemos un sistema que no sólo permite la incorporación ordenada de nuevas fuentes de financiamiento, sino que además promueve un constante mejoramiento en la calidad de los alumnos aceptados en los distintos programas de postgrado del país. Nuestra propuesta la desarrollamos *in extenso* en el documento de

Postgrado, disponible en el portal CONICYT, vínculo Chile-Ciencia 2000. Brevemente, consiste en coordinar la asignación de becas con el sistema de ingreso a los programas de postgrado, utilizando como herramienta la acreditación nacional de programas que efectúa CONICYT.

Si se logra un aumento sostenido en el número de científicos jóvenes del país, es necesario crear las condiciones que permitan absorber adecuadamente esta mano de obra calificada. Para ello, recomendamos al Estado que antes de invertir en la generación de nuevas instalaciones, revise las que le son propias. Los Institutos de Investigación del Estado reciben cincuenta mil millones de pesos al año, el veinticinco por ciento de la inversión nacional en Ciencia y Tecnología. La escasa o nula evaluación de los resultados obtenidos con los fondos estatales (contratos de desempeño) y el alto porcentaje de aporte directo, que en algunos casos llega hasta el noventa y siete por ciento (e.g. SERNAGEOMIN), promueven una gestión deficiente al interior de estos institutos. Para aprovechar la capacidad instalada en la captación de nuevos científicos y garantizar el mejor uso de los recursos, recomendamos al Estado que revise las formas de asignación de los recursos y genere un sistema de evaluación de la gestión de estas instituciones.

Gran parte del quehacer científico nacional se efectúa gracias al financiamiento que otorgan los concursos regulares de FONDECYT. Este financiamiento representa una excelente posibilidad para los nuevos científicos de insertarse adecuadamente en el mundo laboral; por ello, es necesario que el Estado destine los recursos suficientes para un aumento sostenido de este tipo de financiamiento.

Es necesario lograr una internacionalización de los programas de postgrado más allá de intercambios estudiantiles. Se debe promover un contacto global entre programas de distintos países, incluyendo estadias de académicos, cursos por teleconferencias y estadias de perfeccionamiento técnico. Una política en este sentido traería grandes beneficios, por ejemplo: potenciar el desarrollo de un núcleo regional con perspectivas de mayor expansión a futuro.

## **ANEXO I**

### **COMITE ORGANIZADOR RESPONSABLE DE CHILE-CIENCIA 2000** **Ciencia, Tecnología y Sociedad: un encuentro necesario**

Santiago, 14, 15 y 16 de junio de 2000

#### **EDITOR GENERAL**

**Tito Ureta**  
Universidad de Chile

#### **RESPONSABLES DE CAPITULOS CENTRALES**

- |  |   |
|--|---|
| <b>I. CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD</b>                           | <b>Servet Martínez</b> , Universidad de Chile           |
| <b>II. CIENCIA, TECNOLOGIA Y EDUCACION SUPERIOR</b>                | <b>Rafael Correa</b> , Universidad de Chile             |
| <b>III. CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO SOCIOECONOMICO</b> | <b>Rafael Vicuña</b> , P. Universidad Católica de Chile |
| <b>IV. INSTITUCIONALIDAD PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA</b>       | <b>Jorge E. Allende</b> , Universidad de Chile          |

#### **COMITE ORGANIZADOR**

<b>Allende, Jorge E.</b>	<b>Kausel, Edgar</b>
<b>Asenjo, Juan A.</b>	<b>Latorre, Ramón</b>
<b>Babul, Jorge</b>	<b>Martínez M., Manuel</b>
<b>Baeza, Ricardo</b>	<b>Martínez, Servet</b>
<b>Bertossi, Leopoldo</b>	<b>Rothhammer, Francisco</b>
<b>Correa, Rafael</b>	<b>Spencer, Eugenio</b>
<b>Domic, Haydée</b>	<b>Tirapegui, Enrique</b>
<b>Goles, Eric</b>	<b>Ureta, Tito</b>
<b>Inestrosa, Nivaldo</b>	<b>Vicuña, Rafael</b>

**SECRETARIA EJECUTIVA**  
**Marlene Vargas Neira**  
CONICYT

**ASISTENTES EJECUTIVAS**  
**Erica Johannsen, Marcela Reyes**

**DIFUSION E IMPRESOS**  
**Programa EXPLORA – CONICYT**

## ANEXO I I

### PROGRAMA DE CHILE-CIENCIA 2000 Ciencia, Tecnología y Sociedad: un encuentro necesario Santiago, 14, 15 y 16 de junio de 2000

#### MIERCOLES 14

09:00 – 10:30 **SESION INAUGURAL**

**Enrique Tirapegui, Presidente de la Academia Chilena de Ciencias**  
**Jorge E. Allende, Presidente del CN-ICSU**  
**Eric Goles, Presidente de CONICYT**

11:00 – 13:30 **SESION PLENARIA I: CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD**

Responsable: **Servet Martínez A., Universidad De Chile**

Invitados: **Heinrich von Baer, Rector Universidad de La Frontera**  
**Jorge Wagensberg, Director Museo de CyT La Caixa, España**  
**Leonardo Moledo, Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Argentina**  
**Juan Pablo Illanes, Director Responsable Diario "El Mercurio"**

15:00 – 16:30

<b>Sesiones Temáticas Simultáneas</b>	<b><u>Responsable</u></b>
- <b>Biología</b>	<b>Nibaldo Inestrosa</b>
- <b>Matemáticas</b>	<b>Samuel Navarro</b>
- <b>Astronomía</b>	<b>Mónica Rubio</b>
- <b>Ciencias de la Tierra</b>	<b>Luis Aguirre</b>
- <b>Enseñanza de las Ciencias</b>	<b>Fernando Salvo</b>
- <b>Historia</b>	<b>Juan Eduardo Vargas</b>

17:00 – 19:30

**SESION PLENARIA II: CIENCIA, TECNOLOGIA Y EDUCACION SUPERIOR**

Responsable: **Rafael Correa F., Universidad de Chile**

Invitados: **Alfonso Muga Naredo, Rector Universidad Católica de Valparaíso**  
**Antonio Peña Díaz, Instituto de Fisiología Celular – UNAM, México**  
**Isaura Meza Gómez Palacio, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, México**  
**Mario A.J. Mariscotti, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Argentina**  
**Juan Enrique Morales, Vicepresidente Corporación Nacional del Cobre (CODELCO)**

#### JUEVES 15

09:00 – 10:30

<b>Sesiones Temáticas Simultáneas</b>	<b><u>Responsable</u></b>
- <b>Medicina</b>	<b>Colomba Norero</b>
- <b>Física</b>	<b>Juan Carlos Retamal</b>
- <b>Minería</b>	<b>Javier Jofré</b>
- <b>Química</b>	<b>Manuel Martínez</b>
- <b>Informática</b>	<b>Leopoldo Bertossi</b>
- <b>Difusión de las Ciencias</b>	<b>Sergio Prenafeta</b>
- <b>Ciencias Ambientales</b>	<b>Humberto Fuenzalida</b>

11:00 – 13:30

**SESION PLENARIA III: CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO SOCIOECONOMICO**

Responsable: **Rafael Vicuña, P. Universidad Católica de Chile**

Invitados: **José Antonio Guzmán, Empresario**  
**Francesc Santacana, Universidad de Barcelona, España**  
**Florencio Utreras, Director Ejecutivo Red Universitaria Nacional – REUNA**  
**Jorge Yutronic, Director Ejecutivo FONDEF – CONICYT**  
**Carlos Cáceres, Presidente Instituto Libertad y Desarrollo**

15:00 – 16:30	<b>Sesiones Temáticas Simultáneas</b>	<b><u>Responsable</u></b>
	- <b>Agronomía</b>	<b>René Cortazar</b>
	- <b>Ingeniería</b>	<b>Mauricio Sarrazin</b>
	- <b>Biotecnología</b>	<b>Juan Asenjo</b>
	- <b>Ciencias del Mar</b>	<b>Juan Carlos Castilla</b>
	- <b>Ciencias Sociales</b>	<b>Francisco Orrego</b>
	- <b>Visión de los estudiantes de postgrado</b>	<b>Daniel Pérez</b>
17:00 – 19:30	<b>SESION PLENARIA IV: INSTITUCIONALIDAD PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA</b>	
<b>Responsable:</b>	<b>Jorge E. Allende</b> , Universidad de Chile	
<b>Invitados:</b>	<b>José Antonio Viera-Gallo</b> , Senador – Congreso Nacional <b>Gutenberg Martínez</b> , Diputado – Congreso Nacional <b>Francisco Orrego Vicuña</b> , Presidente Academia Chilena de Ciencias Sociales, Políticas y Morales	

## **VIERNES 16**

09:00 – 11:00	<b>Sesión de Conclusiones</b> Lectura y Aprobación de los Documentos Finales
<b>Responsable:</b>	<b>Tito Ureta</b> , Universidad de Chile
11:30 – 12:00	<b>Sesión de Clausura</b>  Palabras del Excelentísimo Señor Presidente de la República de Chile, <b>Don Ricardo Lagos Escobar</b>  Palabras de la Ministra de Educación, <b>Sra. Mariana Aylwin</b>

♦ Face to face: Salam on Science and World Development, The Scientist, Volumen 2 (3), Febrero, 1988.

\* Hermann Hesse, El Juego de los Abalorios.

<sup>1</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Jorge Babul, Haydée Domic, Lilian Duery, Edgar Kausel, Manuel Krauskopf, Servet Martínez, Fernando Salvo, Enrique Tirapegui y Tito Ureta

<sup>1</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Luis Aguirre, Juan Asenjo, Eduardo Bustos, Rafael Correa, Enrique d'Etigny, Pedro Gazmuri, Ricardo Maccioni, Manuel Martínez, Alfonso Muga, Ana María Prat y Eugenio Spencer.

<sup>1</sup> Deberá crearse un fondo especial para la infraestructura física y equipamiento docente (laboratorios y bibliotecas) para universidades estatales y un programa de crédito, con estos mismos fines, para universidades privadas. Este crédito deberá ser respaldado por el patrimonio de la institución.

<sup>1</sup> Se estima que la docencia, en la mayoría de los casos, debe financiarse exclusivamente con aranceles y Aporte Fiscal Indirecto. Habrá que estudiar la forma de distribuir ese aporte considerando por lo menos dos variables: una estimación gruesa del costo de la carrera y, luego, cuando se cuente con un buen sistema de acreditación del pregrado, la calidad de la docencia. Aquellas carreras consideradas por el Estado como estratégicas (ya sea por su valor social o por su contribución al desarrollo nacional) y cuya docencia no pueda ser financiada por aranceles más Aporte Fiscal Indirecto, deberán recibir un subsidio especial por parte del Estado.

<sup>1</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Juan Asenjo, Joaquín Cordua, José Antonio Guzmán, Alberto Libedinski, Fernando Monckeberg, Rafael Vicuña, Pablo Valenzuela y Jorge Yutronic.

<sup>1</sup> Colaboraron en la preparación de una versión preliminar de este documento: Jorge E. Allende, José Joaquín Brunner, Juan Garbarino, Jorge Garrido, Luis Guastavino, Francisco Rothhammer y

José Valencia. Posteriormente se recibieron sugerencias de la Sociedad de Biología y diversas instituciones que han sido registradas en este documento.

<sup>1</sup> Ninguna de estas conclusiones fue objeto de comentario durante la sesión de Ciencias Ambientales que tuvo lugar en el Edificio Diego Portales el 15 de junio del presente año. Las críticas se centraron en la perspectiva ecológica del documento original y en la omisión del Centro EULA de la Universidad de Concepción. La primera dio lugar a un agregado al documento en que se justifica la perspectiva ecológica permitiendo estructurar la presentación que de otro modo hubiera resultado muy extensa y poco orgánica. En cuanto a la segunda se decidió mantener el carácter general del documento sin mención específica a unidades de diferentes universidades.

102

102