

# CONICYT

**CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA  
EN CHILE:  
¿PARA QUÉ?**





*Arbor scientiæ*<sup>1</sup>

---

1 Árbol de la ciencia, grabado de 1505.



*Scientia potentia est*<sup>2</sup>

---

2 “El conocimiento es poder”, en latín, frase acuñada por Francis Bacon en sus *Meditationes Sacrae* (1597), cerca de 4 siglos antes del advenimiento de la llamada *sociedad del conocimiento*.

Comisión Nacional de Investigación  
Científica y Tecnológica, CONICYT

**Ciencia y tecnología en Chile: ¿PARA QUÉ?**

ISBN: 978-956-7524-12-9

Primera edición: enero 2010

N° de ejemplares: 3.500

Registro Propiedad Intelectual N°: 187.818

Canadá 308, Providencia, Santiago

**EDICIÓN, DISEÑO Y PRODUCCIÓN**

**VERDE Identidad y Comunicación**

Dirección de proyecto: Pablo Álvarez

Edición general: Alberto Arellano

Producción: Pedro Ibáñez

Investigación y redacción: Francisca Corbalán,  
Rodrigo López, Domingo Moreno, Francisco  
Mujica, José Piedras, Carlos Tromben, Claudia  
Urzúa

**VERDE Diseño**

Dirección de diseño: Macarena Balcells

**Ciencia y tecnología en Chile:  
¿para qué?**

¿Debiera Chile aumentar su inversión en ciencia y tecnología?

¿Es beneficioso, para un país cualquiera, destinar recursos al apoyo de su investigación científica?

Para algunos, la respuesta a estas preguntas es tan obvia que los gobiernos ni siquiera debieran intentar cuantificar los beneficios sociales asociados a la actividad científica. Así lo afirmaba, por ejemplo, ya en 1957, la agencia estatal estadounidense a cargo de promover el “progreso de la ciencia”, al señalar que “la investigación básica le entrega a la sociedad conocimientos invaluable y, considerando un período de tiempo, también retornos considerables a cambio de inversiones relativamente pequeñas. De hecho, los retornos son tan cuantiosos que resulta prácticamente innecesario justificar o evaluar la inversión realizada.”<sup>3</sup>

Ciertamente, la sociedad chilena también cree en los beneficios de apoyar su actividad científica y tecnológica. Tanto es así, que el presupuesto de CONICYT, la principal agencia del Gobierno responsable de promover la ciencia y la tecnología se ha multiplicado por 3,3 en términos reales en el período 2005 -2010, lo que representa un crecimiento sin precedentes.

Pero la situación ha cambiado desde los años 50. Hoy, en materia de ciencia, tecnología e innovación, los gobiernos necesitan dar cuenta de “cuánto invierten, dónde invierten y qué obtienen a cambio.”<sup>4</sup>

Considerando lo anterior, creemos oportuno volver a la pregunta esencial sobre qué beneficios esperamos, como país, de nuestra ciencia y tecnología. Dos tipos de respuesta principales parecieran predominar en el ambiente. Por un lado, parte importante de la comunidad científica chilena defiende el valor intrínseco de generar y disponer de conocimiento en las más diversas disciplinas. Por otro, la actual Estrategia Nacional de Innovación, cuyos lineamientos originales fueron concebidos en el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, le confiere a la ciencia y la tecnología un rol esencial en el desarrollo económico de Chile.

---

3 National Science Foundation, Report presented to President Eisenhower by Dr. Alan T. Waterman, director of the Foundation, on October 16, 1957.

4 *OECD Science, Technology and Industry Outlook*, 2008.

En síntesis: nuestra ciencia y tecnología debiera aportar, al menos, conocimientos y desarrollo económico.

En no pocas oportunidades, sin embargo, ambas visiones sobre el rol esperado de la ciencia han transitado por veredas opuestas o, derechamente, enfrentadas. En este contexto, el propósito principal de este libro es aportar una visión comprehensiva de todos los ámbitos de beneficio que puede brindarnos la actividad científica, contribuyendo a fortalecer las visiones compartidas sobre el tema. La perspectiva propuesta busca incluir las visiones más clásicas de la comunidad científica como también las que ponen su foco en el desarrollo económico e integrar, además, las visiones que priorizan la equidad social, el respeto al medio ambiente, la calidad de la educación y la salud, además de otros grandes objetivos culturales, sociales y políticos.

Para ilustrar lo señalado hemos incluido en este libro 46 ejemplos de impactos positivos producidos por la ciencia y la tecnología en la sociedad chilena. Cada uno de ellos tiene su origen en algún proyecto apoyado por CONICYT en los años recientes. Aunque los casos elegidos son variados en cuanto a su escala y campo científico, ciertamente su selección no tiene pretensión alguna de exhaustividad ni de representatividad disciplinaria o de otro tipo.

En Chile, la ciencia y la tecnología han hecho grandes aportes y tienen aún mucho que aportar. Todo el quehacer actual de CONICYT está al servicio de esta tarea.

Ciencia y tecnología en Chile: ¿para qué?

Para que chilenas y chilenos vivamos mejor. Ésa es nuestra visión. La que intentamos ilustrar en las páginas que siguen.

**María Elena Boisier Pons**  
Presidenta (S) de CONICYT



## CONTENIDOS

I. Qué es la ciencia	10
II. Cuántas ciencias hay	15
III. Qué es la tecnología	19
IV. Para qué sirven la ciencia y la tecnología	21
V. El impacto de la ciencia y la tecnología: ejemplos chilenos	29
Impacto científico	30
Impacto tecnológico	44
Impacto económico	56
Impacto social	68
Impacto cultural	80
Impacto político	86
Impacto educativo	90
Impacto en salud	98
Impacto ambiental	110
Impacto organizacional	116
Impacto simbólico	120
<b>Anexo: referencias de los proyectos</b>	<b>122</b>

---

# I

## QUÉ ES LA CIENCIA

---

### ALGUNAS DEFINICIONES

La palabra “ciencia” viene del latín, donde *scientia* quería decir, lisa y llanamente, “conocimiento” y en donde el verbo *scire* (conocer) habría significado originalmente, según se cree, “separar una cosa de otra, distinguir”, un término emparentado con *scindere* que, a su vez, significaba “cortar, dividir”.<sup>5</sup>

El significado de “ciencia”, sin embargo, ha variado —y, a veces, notablemente— según la época y el contexto del que se trate. Aún actualmente, es posible encontrar amplia variedad y debate en torno a sus alcances precisos.

Ciertamente, no existe hoy una sola definición de ciencia.

Y más ciertamente aún, no es el propósito de este libro establecer definiciones oficiales ni, remotamente, agotar la discusión sobre el tema. La revisión de las comprensiones más habituales del término ha parecido recomendable, sin embargo, con el objeto de facilitar la comprensión de lo que más adelante se discute. La Real Academia de la Lengua Española, por ejemplo, establece como principal acepción la siguiente:

*“Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales.”<sup>6</sup>*

---

5 Online etymology dictionary, Douglas Harper 2001.

6 Real Academia Española. *Diccionario de la Lengua Española*, vigésima segunda edición, España, 2001.

Resulta interesante revisar definiciones sobre las que hayan debido ponerse de acuerdo un conjunto amplio y heterogéneo de personas e instituciones. Como, por ejemplo, la establecida en 2008 por el Grupo de Trabajo Experto en Ciencia y Tecnología del Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), en el que participan 45 delegados de 15 países. Luego de declarar que “la ciencia y la tecnología son características definitorias de la cultura humana y [que] su existencia, en términos históricos y contemporáneos, es de importancia fundamental para la humanidad en el pasado, presente y futuro”, dicho grupo estableció que:

*“La ciencia incluye sistemas de conocimiento que pueden ser históricos, tradicionales, indígenas y/o contemporáneos. Típicamente, esto incluye ideas predictivas y explicaciones basadas en observaciones de la naturaleza o descubrimientos deductivos que son lógicos y racionales en sus propios términos y que pueden ser validados, modificados o refutados por medio de nuevas observaciones.”<sup>7</sup>*

Siendo, la anterior, sólo “una más” entre las muy numerosas definiciones existentes, es posible identificar en ella los principales tópicos presentes en la mayoría de las definiciones contemporáneas de mayor relevancia.

## **SISTEMAS DE CONOCIMIENTO**

Ideas predictivas y explicaciones. De eso estaría constituida la ciencia, según la definición de la UNESCO. “Típicamente”, agrega, con prudencia. Más aún y apartándose de los enfoques más restrictivos, subraya la diversidad de orígenes que puede tener la ciencia, los que podrían ser “históricos, tradicionales, indígenas y/o contemporáneos.” La ciencia no sería, según se sugiere, una construcción simple y lineal de racionalidad humana sino un resultado complejo de diversas esferas de la vida social.

La ciencia es una manera de conocer el mundo.

---

<sup>7</sup> UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), *Convention concerning the protection of the World Cultural and Natural heritage*, 32nd Session, Canada, 2008.

Según el filósofo y físico argentino Mario Bunge, el ser humano ha ido construyendo un “mundo artificial”, esto es, un creciente cuerpo de ideas llamado “ciencia”, de carácter racional, sistemático, exacto y verificable con los que ha alcanzado “una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta.”<sup>8</sup>

Según algunos, la ciencia se limita a explicar *cómo* es el mundo. Describe el acontecer de la realidad observable, dejando a la metafísica las preguntas sobre los *por qué*. Elocuente al respecto es la respuesta de Newton, luego de formular su *ley de gravitación universal*, a quienes no se contentaban con las descripciones del movimiento que proveían sus ecuaciones de cinemática e insistían en preguntarle por las causas de la gravedad: *hypotheses non fingo* (no hago hipótesis).

Otros, sin embargo, llaman la atención sobre las limitaciones del conocimiento científico, señalando que “por la mera producción de constructos racionales, nuestra inteligencia por sí sola, sin ayuda ulterior, es incapaz de asir con todo detalle el mundo físico, químico, biológico y social que nos rodea.”<sup>9</sup> Aunque muy poderosa, por cierto, la ciencia no sería el único tipo de conocimiento. Ni necesariamente el mejor, según no pocos filósofos, que también consideran como conocimientos al arte, los mitos o la magia, por nombrar algunos.

## EL MÉTODO CIENTÍFICO

No todas las “ideas predictivas y explicaciones” serían ciencia, según la definición que hemos visto. Sólo aquellas “basadas en observaciones<sup>10</sup> [...] o descubrimientos deductivos [...] que pueden ser validados, modificados o refutados por medio de nuevas observaciones”.

He aquí la esencia de la forma de trabajar de la ciencia: el *método científico*.

---

8 Mario Bunge, *La ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires, Eudeba, 1960.

9 Jaffé, Klaus. *¿Qué es la ciencia? Una visión interdisciplinaria*, Fundación Empresas Polar, Venezuela, 2007.

10 “de la naturaleza”, especifica la definición de la UNESCO, de manera no demasiado feliz, en tanto podría hacer creer que se excluyen las llamadas ciencias sociales.

En todas las disciplinas de la ciencia —salvo excepción de la lógica y las matemáticas— la generación de conocimiento nuevo se realiza, principalmente, conforme a un plan de trabajo que comprende las siguientes fases:

- Observación y experimentación
- Recolección y análisis de datos
- Formulación de hipótesis

La última de las fases mencionadas consiste en buscar patrones en los datos analizados e intentar formular explicaciones de carácter general para los hechos observados. Cuando las hipótesis formuladas predicen apropiadamente los hechos en forma repetida, se les considera una teoría.

Aunque las teorías deben ser construidas de manera lógica, su consistencia lógica se considera sólo una condición necesaria, pero no suficiente. Su aceptación requiere también contar con observaciones que las respalden.

El conocimiento científico, así generado, tiene como cualidades la reproducibilidad y la objetividad. Aquí reside, precisamente, parte esencial de su enorme utilidad, pues su valor predictivo aplica a toda situación en que se reproduzcan las condiciones establecidas, sin importar la subjetividad del observador.

## **UN SABER EN CONSTANTE REVISIÓN**

Según la Enciclopedia Británica, “[...] toda ciencia involucra la búsqueda de conocimientos sobre verdades generales o el funcionamiento de reglas fundamentales.”<sup>11</sup> La cita trae a colación un concepto que ha sido esencial en la historia de la ciencia: *la verdad*.

Durante no pocos siglos, muchos creyeron en la existencia de ideas y explicaciones “verdaderas” e inmutables, que gobernaban el acontecer del mundo, a las que el ser humano podría acceder, con suficiente y bien direccionado esfuerzo de su pensamiento.<sup>12</sup>

---

11 [www.britannica.com](http://www.britannica.com), 2009.

12 Para Platón, por ejemplo, todo aquello que podemos percibir con nuestros sentidos no es sino un conjunto de sombras y apariencias cuya causa y fundamento son las *ideas* o esencias, que existen de manera perfecta, inmutable, separadas del mundo sensible.

Las comprensiones contemporáneas de la “verdad científica” son muy diferentes.

En lo esencial, suelen estar influenciadas por visiones como la del filósofo austríaco Karl Popper, quien propuso que el conocimiento científico era, precisamente, aquel que podía ser refutado por la observación empírica<sup>13</sup>. Así, una afirmación que no admitiera la posibilidad de ser declarada *falsa*, en virtud de evidencias observables, no sería una afirmación científica. De este modo, no se reconoce la existencia de teorías “verdaderas”, pues no existiría la posibilidad de efectuar, nunca, su verificación plena. Los científicos sólo estarían en condiciones de conferir “validez provisional” a aquellas teorías que cuenten con evidencia empírica que las respalde y para las que no haya aparecido aún evidencia que las contradiga.

El conocimiento científico del mundo se entiende hoy como un saber en constante revisión, donde nuevas observaciones aportan, permanentemente, nuevas evidencias para elaborar nuevas teorías o para desechar teorías existentes y donde ninguna teoría tiene aceptada su validez definitiva.

La lógica y las matemáticas son las únicas disciplinas que escapan al criterio anterior, pues en ellas la aceptación de una teoría se limita a declarar que no viola sus propios axiomas y reglas. En sintonía con lo anterior, la ya citada definición de la UNESCO sólo habla de descubrimientos deductivos que son “lógicos y racionales en sus propios términos”, sin pronunciarse sobre su validez más allá de éstos.<sup>14</sup>

La aceptación del poder probatorio de las observaciones y de la lógica como orden de pensamiento han hecho de la ciencia un cuerpo acumulativo de conocimientos extraordinariamente dinámico y en constante crecimiento.

---

13 Éste sería el criterio para demarcar lo que es ciencia de lo que es otro tipo de conocimiento (ya sea religión o *seudociencia*): su *refutabilidad* o *falsabilidad*.

14 Algo imposible de demostrar (lógicamente), según el 2º Teorema de incompletitud del lógico austríaco-estadounidense Kurt Gödel, que señala que “Ningún sistema consistente se puede usar para demostrarse a sí mismo”.

---

## II CUÁNTAS CIENCIAS HAY

---

### EL ÁRBOL DEL CONOCIMIENTO

Ya desde muy antiguo se reconoce la existencia de diversas ciencias, entendidas éstas como cuerpos organizados de conocimiento, diferentes según el tema u objeto de estudio al que se dedican.

A nivel internacional, la UNESCO<sup>15</sup> propone una clasificación para los trabajos de investigación científica en la que se distinguen 24 campos diferentes, cada uno de los cuales considera diferentes disciplinas las que, a su vez, consideran diversas subdisciplinas.

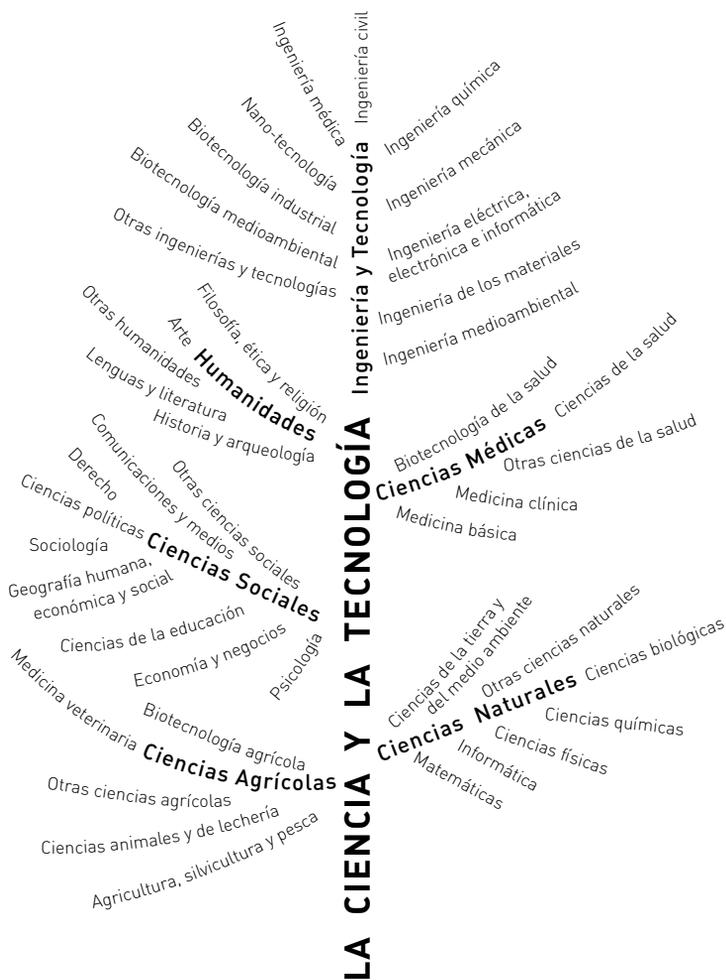
Por su parte, el Manual de Frascati (elaborado por la OECD)<sup>16</sup>, que establece la metodología y principales conceptos para la mayoría de las encuestas nacionales sobre actividades científicas y tecnológicas que se aplican en el mundo, distingue 42 campos de la ciencia y la tecnología, organizados en 6 grandes ramas, según se ilustra a continuación.

---

15 UNESCO, *Proyecto de Nomenclatura Internacional normalizada relativa a la Ciencia y la Tecnología*, París, 1988.

16 OECD, *Manual de Frascati 2002, medición de las actividades científicas y tecnológicas*, París.

## CLASIFICACIÓN REVISADA DE LOS CAMPOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA DEL MANUAL DE FRASCATI<sup>17</sup>



17 OECD, *The Revised Field of Science and Technology Classification in the Frascati Manual*, Paris, 2007.

Los campos de la ciencia también pueden ordenarse conforme a otros criterios, tales como el que propone el filósofo Mario Bunge<sup>18</sup>, que diferencia entre *ciencias formales y ciencias fácticas*. Según esta visión, las primeras, donde estarían la *Lógica y las Matemáticas*, no se ocupan de estudiar hechos sino *formas*, que sólo existen en la mente humana (y sobre las que pueden y suelen establecerse correspondencias con objetos y procesos del mundo físico, de donde deriva su utilidad práctica). Las ciencias fácticas, por su parte, se ocupan de estudiar hechos y, según su objeto de estudio, pueden clasificarse como *ciencias de la naturaleza o ciencias de la cultura*.

### **CIENCIA BÁSICA Y CIENCIA APLICADA**

Independiente del campo o disciplina de la que se trate, ha sido habitual distinguir entre *ciencia básica (o pura)* y *ciencia aplicada*.

En general, se entiende como ciencia básica aquella que se desarrolla con el solo objetivo de generar conocimiento. La ciencia aplicada, por su parte, sería aquella que se desarrolla con el propósito de utilizar dicho conocimiento en alguna aplicación práctica.

Desde el punto de vista del conocimiento, filósofos como Popper le han reconocido cierta superioridad a la ciencia básica, por sobre la aplicada. Según él, la prescindencia total de la utilidad de su investigación por parte del científico lo dejaría en mejor posición —desinteresado, por así decirlo— para enfocarse sólo en el valor explicativo de sus hipótesis. Lo que no ocurriría si está pendiente —o sólo se conforma— con su utilidad práctica.

La distinción señalada, sin embargo, ha probado ser extremadamente difícil de administrar.

Si nos enfocamos en las intenciones, surgen problemas para clasificar aquellas investigaciones que buscan tanto generar conocimiento como aplicarlo, en diferentes proporciones. Por lo demás, muchos consideran que todas las investigaciones, incluso aquellas realizadas en los campos más aparentemente teóricos, tienen como intención final algún tipo de objetivo práctico.

---

<sup>18</sup> Basado en el epistemólogo alemán Rudolf Carnap quien estableció una distinción entre ciencias formales, naturales y sociales.

Si en lugar de las intenciones nos atenemos a los hechos, el asunto puede incluso ser más complicado.

Para comenzar, numerosas investigaciones que sólo se propusieron inicialmente generar conocimiento “puro” han dado origen, de hecho, a importantes aplicaciones. La superconductividad, por ejemplo, no era más que una rareza de laboratorio cuando fue descrita por el físico holandés Heike Kamerlingh Onnes, en 1911. En la actualidad, los electroimanes superconductores se utilizan en equipos de diagnóstico médico y aceleradores de partículas, entre otro creciente número de aplicaciones. Según algunos, sería imposible hacer pronósticos sobre la aplicabilidad o inaplicabilidad de una investigación científica cualquiera porque ellas consisten, precisamente, en hacerse preguntas sobre lo desconocido.

Adicionalmente, también abundan los ejemplos de investigaciones en “ciencia aplicada” que han desencadenado importantes avances a nivel de teorías y conocimiento científico “puro”.

A pesar de todos sus problemas, esta distinción sigue cumpliendo ciertas funciones y aún es utilizada en diversos ámbitos. Como ejemplo, el ya citado Manual de Frascati establece definiciones y descripciones detalladas para caracterizar, separadamente, *investigación básica*, *investigación aplicada* y *desarrollo experimental*.

Inicialmente, fue habitual entender los recién mencionados tipos de investigación y desarrollo como una secuencia ordenada de fases, donde la investigación comenzaba siendo básica, luego se involucraba en aplicaciones y, finalmente, desembocaba en experimentos de desarrollo tecnológico. En la actualidad, sin embargo, suele considerarse que dichas fases no ocurren necesariamente conforme a una secuencia lineal, sino que pueden ocurrir en órdenes diversos, con influencias y causalidades cruzadas entre fases.<sup>19</sup>

Cabe señalar que la acción actual de CONICYT apoya proyectos de investigación tanto en ciencia básica como en ciencia aplicada, en prácticamente la totalidad de los campos científicos que lista el Manual de Frascati.

---

19 S.J. Kline, N. Rosenberg, *An Overview of Innovation, In The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, 1986.

---

### III

## QUÉ ES LA TECNOLOGÍA

---

#### NUEVAMENTE, ALGUNAS DEFINICIONES

La palabra “tecnología” proviene del griego, donde *tekhne* significa “arte, técnica, oficio” y donde *logos* quiere decir “conjunto de saberes, tratado, discurso, estudio”. Así, una “tecnología” habría nombrado, inicialmente, algo como el “tratado sobre un arte”, el “conjunto de saberes sobre un oficio”, o algo similar.

La variedad de comprensiones actuales para esta expresión no es, en absoluto, menor a la ya señalada para “ciencia”. La Real Academia de la Lengua Española reconoce para “tecnología” las siguientes acepciones:

*“Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. / Tratado de los términos técnicos. / Lenguaje propio de una ciencia o de un arte. / Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.”*

En cuanto a los organismos internacionales que se ocupan de temas tecnológicos, resulta revelador constatar que el ya citado Manual de Frascati, siendo, como se dijo, la principal referencia para medir actividades científicas y tecnológicas, no incluye definición alguna para “tecnología”. En cuanto al Manual de Oslo, principal referencia para medir innovaciones, cabe señalar que en su última versión (2005), eliminó expresamente el adjetivo “tecnológico” que solía agregar al término “innovación”, aduciendo que significaba cosas demasiado diferentes en diferentes países y contextos.

En resumen, la delimitación precisa del sentido de “tecnología” no pareciera tener mayores implicancias prácticas ni, por lo mismo, ocupar demasiado esfuerzo por parte de importantes usuarios del término.

## **CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Ambos conceptos están muy relacionados. Tanto la ciencia como la tecnología son conjuntos de saberes, referidos (principalmente) a relaciones causales en el mundo físico y basados en la observación de hechos empíricos. La ciencia pareciera ocuparse, preferentemente, de la formulación de leyes generales y la tecnología, de la aplicabilidad de sus conocimientos. Ahora bien, si se intenta diferenciar “tecnología” de “ciencia aplicada”, la discusión deviene aún más sutil y especializada.

En lo que sí pareciera existir bastante consenso es en torno a las relaciones de mutuo beneficio entre la ciencia y la tecnología. La ciencia y la tecnología suelen conformar un círculo virtuoso, en que se alimentan la una a la otra.

Para comenzar, las teorías científicas sirven, muy frecuentemente, como un insumo clave para el desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas. Pero la relación entre ambas esferas no es siempre así de lineal (aunque es importante considerar que esto no ocurre siempre así, pues, contrariamente a lo que a veces se piensa, no todas las innovaciones tecnológicas tienen su origen en ideas que le han sido proporcionadas por la ciencia pura).

En el otro sentido, también es habitual que el desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas genere nuevos conocimientos prácticos de ciertos fenómenos que aún no han sido explicados por la ciencia, proveyendo a ésta última, precisamente, de nuevas y relevantes observaciones para formular nuevas teorías.

---

## IV

# PARA QUÉ SIRVEN LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

---

### COMPRENDER Y TRANSFORMAR EL MUNDO

Para algunos, la ciencia tendría, ya en sí misma, un importante valor, en tanto herramienta de enriquecimiento, disciplina y liberación de nuestra mente. En definitiva, en calidad de pieza clave para nuestra comprensión del mundo y de nosotros mismos.

Durante gran parte de la historia de la Humanidad, sin embargo, la ciencia tuvo poco impacto en la vida cotidiana de las personas. El conocimiento científico era desarrollado por unos pocos, con el sólo afán de aumentar el saber, su divulgación se realizaba en circuitos muy reducidos y no tenía mayores aplicaciones prácticas. Fue recién a comienzos del siglo XVIII, con la llegada de la Revolución Industrial, que el escenario comenzó a cambiar radicalmente, al detonarse una explosión de aplicaciones científicas y tecnológicas que, desde entonces, no ha hecho más que acelerarse sin pausa.

Actualmente, la vida de la enorme mayoría de las personas está profundamente influenciada por la ciencia y la tecnología, en prácticamente todas las esferas imaginables. Edificios, caminos, autos, casas, alimentos, ropas, refrigeradores, computadores, teléfonos y la manera en que trabajamos, descansamos, nos curamos de enfermedades, estudiamos y otro sinnón de objetos y actividades han sido moldeados de manera sustantiva por las aplicaciones científicas y tecnológicas.

La ciencia y la tecnología le han dado al ser humano un enorme poder para transformar el mundo, acomodándolo a su mejor conveniencia. La promesa esencial que formula la tecnología (acrecentar el poder sobre lo que nos rodea) pareciera ser completamente irresistible para el ser humano, no importa la época ni el lugar del que se trate.

## **NO TODO SON VENTAJAS**

La Revolución Industrial, sumada a los radicales cambios políticos en la Europa de la época, confluyeron para hacer florecer las visiones utópicas sobre una sociedad fundada en el poder iluminador de la razón.

Desde entonces, y en ocasiones con mucha fuerza, parte importante de la Humanidad se ha ilusionado con la visión de un progreso material deslumbrante, prácticamente ilimitado, donde la vida de las personas sería cada vez más fácil y placentera, en virtud de la ciencia y sus aplicaciones.

El asunto, sin embargo, se ha complicado bastante en el último siglo.

Para comenzar, se han hecho visibles también los grandes problemas que puede traer aparejado el espectacular desarrollo de la ciencia y la tecnología. En lo esencial diremos que el poder creador de éstas se ha visto equiparado con un poder de destrucción que, desafortunadamente, también parece ilimitado. La transformación humana del entorno ha producido, junto con el progreso material de las sociedades, terribles desequilibrios a nivel de ecosistemas, empobreciendo —a veces en forma irreversible— la biodiversidad del Planeta y produciendo graves problemas de contaminación. Adicionalmente, el poder para destruir a otras personas, en guerras y enfrentamientos, también ha seguido acrecentándose.

Por otro lado, el desarrollo específico de disciplinas como la medicina y la biología ha traído al tapete nuevos problemas éticos cuya resolución dista mucho de ser sencilla.

Ya sea porque la “promesa de la tecnología” es, en efecto, irresistible, o bien porque las ventajas de la ciencia parecieran superar sus desventajas, lo cierto es que, sin excepción, todas las sociedades contemporáneas promueven, en mayor o menor medida, el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

## **LOS IMPACTOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA**

¿En qué consiste, exactamente, la positiva “transformación del mundo” hecha posible por la ciencia y la tecnología? O, dicho de otro modo, ¿cuáles son los tipos de impacto que produce la actividad científica y tecnológica?

Para comenzar, intentaremos diferenciar dos conceptos que a veces se confunden al abordar esta discusión: *impactos y resultados*.

Al hablar de *resultados* de la investigación científica y el desarrollo tecnológico nos referiremos a aquellos conocimientos —básicos o aplicados— producidos como efecto directo de dichas actividades. Por su parte, entenderemos como *impacto* de la actividad científica y tecnológica a los efectos indirectos y finales que ésta tiene sobre las distintas esferas de la sociedad.

Cabe recordar que lo que persiguen, en definitiva, los gobiernos al apoyar la ciencia y la tecnología es, precisamente, generar los múltiples beneficios que esta actividad trae consigo. En otras palabras, los gobiernos buscan impactos.

Curiosamente, el análisis de dichos impactos se ha circunscrito, casi exclusivamente al ámbito económico, lo que se explica por varios factores.

Como primer factor señalaremos que el impacto económico de la ciencia y la tecnología es, fuera de toda duda, muy relevante. A lo que podría agregarse la obiedad de que las sociedades contemporáneas le confieren a la economía un lugar absolutamente protagónico en sus preocupaciones.

El segundo factor es político y tiene su origen en que el principal organismo que ha impulsado el análisis sistemático de los impactos de la ciencia y la tecnología a nivel internacional es, precisamente, uno de naturaleza económica: la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)<sup>20</sup>. Y no algún organismo cuya misión se relacione directamente con la ciencia y/o la tecnología como, por ejemplo, la UNESCO.

El tercer factor se relaciona con lo que llamaremos la *seducción de los números*. El impacto económico es, a todas luces, más fácil de cuantificar que el impacto cultural o social, por ejemplo. Lo que se traduce en que, sencillamente, existen muchísimas más estadísticas sobre el impacto producido en variables económicas que en variables de otro tipo. Y los números ejercen un atractivo irresistible para los funcionarios estatales y diseñadores de políticas públicas...

Es en este punto donde se propone no confundir lo medible con lo importante.

---

20 Que, en español, se traduce como OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).

En otras palabras, la dificultad que plantea medir variables sociales y culturales en modo alguno significa que el efecto de la ciencia y la tecnología sobre estos ámbitos no sea relevante. De hecho, los últimos años han visto aparecer diversos estudios que llaman la atención sobre el tema e intentan avanzar en su análisis. Posiblemente el más importante de ellos sea el citado por la misma OECD<sup>21</sup> como la principal referencia sobre los impactos no económicos de la ciencia y la tecnología: *Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension*, realizado en 2006 por Benoît Godin y Christian Doré.<sup>22</sup>

Los autores señalados entrevistaron a directores e investigadores en 17 centros de investigación que reciben financiamiento público, además de usuarios de resultados de investigación (actuales y potenciales), de 11 diferentes organizaciones sociales y económicas. A partir de las entrevistas se construyó una tipología en la que se distinguen 11 tipos de impacto que pueden producir, en la sociedad, los resultados de la investigación científica, ya sea por acción directa del nuevo conocimiento generado o a través de las nuevas tecnologías a las que éste da origen. Un aspecto interesante de dicha tipología es que en ella están representadas todas las visiones relevantes sobre el tema.

Para comenzar, la lista da cabida a las visiones más clásicas de la comunidad científica, incluyendo como impacto el "científico", donde el beneficio producido para la sociedad consiste, precisamente, en disponer de nuevos conocimientos.

Adicionalmente, también se incluyen las visiones más economicistas de la actividad científica, para las que su objetivo principal es la generación de riqueza y beneficio material asociados. En efecto, uno de los impactos listados es, precisamente, el del "impacto económico".

Un importante aporte de esta categorización es reconocer ambos tipos de beneficio en condición de equivalencia (*a priori*, al menos). Hasta ahora, ha sido frecuente que las visiones "científicas" y "económicas" sobre el rol de

---

21 OECD Science, Technology and Industry Outlook, chapter "Assessing the Socio-economic Impacts of Public R&D: Recent Practices and Perspectives", 2008.

22 Working paper, mimeo, realizado con financiamiento del Quebec Department of Research, Science and Technology (MRST) y de los tres Consejos de Financiamiento de Quebec.

la ciencia hayan coexistido en abierta oposición e incompreensión mutua, dificultando la elaboraci3n e implementaci3n de estrategias eficaces de desarrollo, a nivel de pa3ses. Chile no ha sido una excepci3n. Afirmar el valor y la legitimidad de ambos tipos de impacto contribuye a construir visiones compartidas sobre el rol de la ciencia y lo que podemos (y queremos) esperar de ella. Por cierto, esto deja a3n por resolver el problema de cu3ntos recursos destinar a producir cada tipo de beneficios se3alados (los “puramente cient3ficos” o los econ3micos), pero en este marco de discusi3n ya no se oponen la legitimidad de uno contra la del otro.

La tipolog3a propuesta va incluso m3s all3 pues integra tambi3n otros aspectos que rara vez suelen ser considerados en esta discusi3n como son los culturales, sociales, pol3ticos y varios otros.

Los tipos de impacto identificados son<sup>23</sup>:

- Impacto cient3fico, cuando los resultados de la investigaci3n cient3fica generan efectos positivos para el desarrollo de la ciencia misma. En otras palabras, cuando 3stos producen un avance en el conocimiento –teor3as, metodolog3as, modelos o evidencia emp3rica–, contribuyen a crear o desarrollar nuevas especialidades o disciplinas, aportan al entrenamiento de nuevos cient3ficos o posibilitan directamente el desarrollo de nuevas investigaciones.
- Impacto tecnol3gico, cuando los resultados de la investigaci3n cient3fica se traducen en nuevas tecnolog3as disponibles o en innovaciones de productos, servicios o procesos.
- Impacto econ3mico, cuando los resultados de la investigaci3n cient3fica generan beneficios econ3micos directos para alguna organizaci3n (disminuci3n de costos, aumento de ingresos o utilidades) o bien nuevas fuentes de financiamiento (capitales de riesgo, contratos futuros), nuevas inversiones (ya sea en capital f3sico o en capital humano), nuevas actividades productivas o nuevos mercados.

---

23 Los nombres de cada tipo de impacto han sido traducidos del documento ya citado de Godin y Dor3 (originalmente en ingl3s) y, pudieran tener, en espa3ol, significados o alcances algo diferentes. Para la buena comprensi3n de cada categor3a se requiere revisar la descripci3n que se detalla, resumen de lo que los autores han considerado que la constituye.

- Impacto social, cuando los nuevos conocimientos científicos generan mejoramientos en el bienestar, conductas, prácticas y actividades de personas y grupos. A nivel de personas, se refiere a mejoramientos en la calidad de vida o en las costumbres y hábitos de consumo, trabajo, sexualidad, deportes, comida, etc. A nivel de grupos se refiere, principalmente, a cambios positivos en los discursos o concepciones sobre la sociedad.
- Impacto cultural, cuando las visiones científicas enriquecen el conocimiento y la comprensión de la realidad por parte de los individuos de una sociedad.
- Impacto político, cuando los nuevos conocimientos científicos influyen positivamente en la elaboración de estándares, normas, leyes o políticas públicas, como también cuando modifican los intereses y actitudes de políticos, funcionarios públicos y ciudadanos, en relación a temas científico-tecnológicos de interés público.
- Impacto educacional, cuando los resultados de la investigación científica afectan positivamente los currículos o programas de estudio, las herramientas pedagógicas, las calificaciones y competencias de las personas, su empleabilidad, la concordancia entre formación y requerimientos laborales, etc.
- Impacto en salud, cuando los resultados de la investigación científica producen mejoras en el tratamiento de alguna enfermedad o influyen positivamente en el sistema de salud, a nivel de costos, infraestructura, equipamientos, tratamientos, preparación de profesionales involucrados, etc.
- Impacto ambiental, cuando los resultados de la investigación científica producen mejoramientos en el manejo y conservación del entorno natural, el control de contaminantes y el conocimiento y modelamiento del clima, entre otros.
- Impacto organizacional, cuando los resultados de la investigación científica afectan positivamente las actividades de las organizaciones en aspectos tales como su planificación, organización del trabajo (asignación de tareas, automatización, etc.), administración (gerencia, marketing, distribución, adquisiciones, contabilidad, etc.) y recursos humanos (dotación, calificación del personal, condiciones de trabajo, etc.).

- Impacto simbólico, cuando la investigación científica realizada aporta prestigio, credibilidad o interés a una empresa, organización o incluso a un país, algo que en la mayoría de los casos representa, además, valor económico.

## **MEDIR LOS IMPACTOS**

Los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad son, actualmente, muy poco medidos.

Esto, como se ha dicho, a pesar de su relevancia como objetivo final de las políticas públicas dirigidas al sector. Ciertamente, el principal obstáculo para masificar este tipo de mediciones son las dificultades asociadas a la construcción y aplicación de indicadores relevantes.

A nivel de impacto científico, suelen utilizarse *índices de citación*, los que miden el efecto de una determinada investigación científica sobre otras investigaciones posteriores. El principal de ellos, el *Factor de impacto*, utilizado ya por cerca de 50 años, es construido por el ISI (*Institute for Scientific Information*) y se calcula en base al número de veces que una determinada publicación científica es citada por otras publicaciones durante los dos años siguientes (el período puede variar) a la aparición de la publicación evaluada. Actualmente, otro índice de citación importante es elaborado a partir de *Scopus*, otra base de datos de publicaciones académicas.

En cuanto al impacto económico, desde la década de los '50 diversos economistas han realizado estudios sobre temas tales como el efecto de las actividades de I+D en el crecimiento económico, la productividad, la generación de externalidades o el comercio internacional. Actualmente, los principales indicadores utilizados por la OEDC sobre este tópico son:

- la *Balanza de pagos tecnológicos*, definida como la diferencia entre ingresos y egresos, a nivel de país, por concepto de tecnologías “listas para ser usadas” (patentes, licencias, diseños, estudios, asistencia técnica, etc.).
- el *Intercambio de alta tecnología*, definido como el intercambio comercial de bienes producidos en aquellas industrias clasificadas como de “alta tecnología”.

Adicionalmente, también se aplican *Encuestas de innovación*, que buscan medir los procesos innovadores realizados por las empresas, parte de los

cuales tienen su origen en investigaciones científicas. Este instrumento, de uso extendido a nivel de países desarrollados, se aplicó en Chile por primera vez en 1995 y, por sexta vez, el 2009.

Para los demás tipos de impacto, prácticamente no existen indicadores y estudios cuantitativos. Según los mismos Godin y Doré, existe gran necesidad de contar con ellos, tanto por parte de los gobiernos que requieren evaluar los resultados de sus políticas públicas como por parte de los teóricos, que buscan entender mejor los ámbitos de impacto de la ciencia y los mecanismos de transferencia a la sociedad de los nuevos conocimientos científicos.

Los indicadores más comunmente utilizados en cuanto a ciencia y tecnología son de *resultado*, e incluso de *insumo*.

Entre aquellos de resultado, los más habituales son el número de publicaciones científicas y el número de patentes. En ocasiones, sin embargo, cuando se considera demasiado difícil o costoso obtener mediciones de resultados, se opta por medir *insumos*, como una manera de evaluar, al menos, el nivel de actividad científica o tecnológica. Esta es la metodología que establece el ya citado Manual de Frascati, que se concentra en registrar principalmente el *Nivel de gasto en I+D* y el *Número de investigadores*. En Chile, la 3ª encuesta orientada a levantar estos dos indicadores en las empresas privadas se aplicó en el 2009. Simultáneamente, se aplicó la 1ª encuesta que mide el Gasto en I+D en el Estado, instituciones de educación superior e instituciones privadas sin fines de lucro.

---

## V

# EL IMPACTO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA: EJEMPLOS CHILENOS

---

¿Para qué invertir en ciencia y tecnología en Chile?

Básicamente, para obtener nuevo conocimiento, nuevas tecnologías e innovaciones, junto con los beneficios que la ciencia y la tecnología trae consigo en los ámbitos económico, social, cultural, político, educacional, en salud, ambiental, organizacional y simbólico.

Esta es la razón final de nuestros esfuerzos.

En las páginas que siguen se presentan ejemplos de impactos o beneficios producidos por la actividad científica y tecnológica en Chile, en las 11 categorías ya descritas. Todos ellos han tenido como origen algún proyecto de investigación científica o desarrollo tecnológico, de diversas disciplinas y escalas, desarrollado durante los años recientes con el apoyo de CONICYT. Las categorías de clasificación no son excluyentes pues, ciertamente, la gran mayoría de los proyectos presentados aportan a la sociedad en más de una dimensión (científico, tecnológico, económico, etc.). Sólo con efectos ilustrativos, cada proyecto se ha asociado a lo que pareciera ser el principal tipo de impacto que produce. Aunque se trata de casos variados en cuanto a su escala y campo científico, su selección no pretende ser exhaustiva ni representativa de las disciplinas científicas o de otro criterio.



## **NUEVO CONOCIMIENTO DE LOS ANTIGUOS ECOSISTEMAS NORTINOS**

La paleoecología estudia los patrones y causas que han llevado a los ecosistemas a llegar a ser lo que son, desde su formación hace millones de años, hasta el presente, contribuyendo a aumentar el conocimiento sobre su ciclo de vida y, por ende, sobre su devenir.

En el norte del país, el Instituto de Ecología y Biodiversidad de la Universidad de Chile investiga la flora y paleoflora cuaternaria del desierto de Atacama y alrededores, para entender la distribución pasada y actual de las plantas y sistemas climáticos asociados



al lugar. Con experimentos en terreno, además de aproximaciones de modelación matemática, se analizan restos vegetales y animales acumulados por miles de años en paleomadrigueras de roedores.

Este trabajo ha generado nuevas líneas de estudio interdisciplinarias, como aquella dedicada a la investigación de los ecosistemas de neblina de la zona. Gracias a él, se ha logrado generar conocimiento para la conservación de la biodiversidad, transformándose en un legado natural único para Chile.



### **NUEVO CONOCIMIENTO SOBRE LA CLASE POLÍTICA CHILENA**

¿Cómo eran los políticos hace 80 o 90 años? ¿Qué evolución muestran como grupo social? ¿Cuál ha sido la relación entre política y negocios?

La clase política también puede ser objeto de investigación científica. Un equipo del Centro de Investigación y Estudios Sociales SUR, liderado por el Premio Nacional de Historia Gabriel Salazar, tomó el desafío de estudiar a cerca de 500 políticos entre 1919 y 1973. En base a categorías como estatus social, estudios, definición política, acciones como ministro o parlamentario, respuesta a coyunturas críticas, entre otras,



se configuró una extensa base de datos, a partir de la cual se postula la existencia de una clase política que, independiente del período, muestra arraigados patrones de comportamiento comunes.

Investigaciones historiográficas como ésta —que se transformará prontamente en libro— no sólo amplían el conocimiento disponible sobre nuestro pasado, sino que también permiten comprender mejor nuestro presente y la sociedad en la que vivimos.



## NUEVO CONOCIMIENTO SOBRE FORMAS CUADRÁTICAS

Desde su origen, la humanidad se ha planteado problemas relacionados con el contar, medir y agrupar. El matemático Ricardo Baeza, Premio Nacional de Ciencias y académico de la Universidad de Talca, ha dedicado su carrera a investigar en esta disciplina.

Su trabajo versa sobre uno de los problemas más antiguos de la disciplina, la teoría algebraica de las formas cuadráticas —entrelazamiento de la geometría y la teoría



de números— y se ha publicado en revistas de referencia mundial, como *Documenta Mathematica*. También ha contribuido a reunir en Chile a decenas de matemáticos de todo el mundo para compartir sus distintos saberes.

Aunque es muy posible que alguna ciencia empírica utilice alguna vez las fórmulas de Baeza para describir algún fenómeno, esto no está en sus preocupaciones inmediatas. El objeto de este tipo de investigaciones suele ser, sencillamente, ampliar las fronteras del conocimiento.



## NUEVO CONOCIMIENTO DE LAS CONDUCTAS DE LOS INTERNAUTAS

Los usuarios de Internet muestran diversos comportamientos cuando navegan por la Web. Mueven el cuerpo de manera distinta y, en un nivel más complejo, asimilan los contenidos con velocidades y profundidades disímiles.

Investigar sobre estos comportamientos en adolescentes chilenos puede ser muy relevante para el sistema educativo. Tal es el objetivo que se planteó un equipo del Instituto de Comunicación e Imagen de la Universidad de Chile. Tras aplicar un cuestionario y grabar el modo de navegar de un universo de jóvenes, se están



obteniendo importantes conclusiones acerca de la sociabilidad, identidad y construcción de imaginarios de las nuevas generaciones, las que tienden a procesar lo visual de mejor manera que lo escrito.

Esta investigación plantea la pregunta sobre las potencialidades que ofrecería la evolución de un sistema de enseñanza basado en el lenguaje escrito hacia otro donde símbolos e imágenes asumieran un rol más protagónico. La respuesta final, en todo caso, será de los educadores.



## NUEVO CONOCIMIENTO SOBRE LOS BARRIOS DE SANTIAGO

En el 2030, Santiago tendrá ocho millones de habitantes. En muchos casos, el crecimiento poblacional y urbano está asociado al individualismo y al temor al otro, lo que impacta en la sociabilidad y los modos de vida de las personas.

Ante ello, vale preguntarse si aún existen barrios donde sus habitantes tengan vínculos sólidos entre ellos y con el resto de la ciudad. Para responder a esta interrogante, una antropóloga y una urbanista investigaron los procesos de transformación de identidades urbanas entre 1950 y el 2000 en ocho barrios metropolitanos, entre ellos



el Llano Subercaseaux y Patronato. No obstante el tiempo transcurrido, concluyeron que éstos aún conservan sus raíces históricas, dialogan con la ciudad y en ellos existen fuertes vínculos entre los habitantes, los cuales participan de un proyecto identitario colectivo.

Este estudio reúne a dos disciplinas de las ciencias sociales —antropología y urbanismo— para iluminar con su saber diversos aspectos referidos a nuestras antiguas y modernas formas de habitar.



### **NUEVO CONOCIMIENTO DE PRÁCTICAS CULINARIAS ANCESTRALES**

Desde los aportes de Lévi-Strauss, el rol cultural que juegan los alimentos, y la cocina en general, en la construcción de identidades se ha vuelto un tema cada vez más atractivo para disciplinas como la antropología.

Desde 2006, investigadoras del Centro Interdisciplinario de Estudios de Género (CIEG), indagan sobre la continuidad y los cambios en la transmisión de saberes culinarios en varias regiones del país. Parte de los objetivos se relacionan con la identificación del proceso de transmisión oral y escrita de los secretos de cocina, de



los platos emblemáticos de las familias y del rol que cumple la mujer como generadora y transmisora de cultura, entre otros.

La investigación ha permitido reconstruir árboles genealógicos de cinco generaciones, donde se registran las relaciones tejidas en torno a la cocina. Con ello, se aportan importantes conocimientos sobre la evolución de las prácticas culinarias regionales y, en consecuencia, sobre la identidad de su gente.



### **NUEVO CONOCIMIENTO SOBRE EL HABLA Y LA EXPERIENCIA MORAL**

¿Qué relación existe entre la ética y dos desconocidos hablando en un encuentro social? Según el filósofo Humberto Giannini, la experiencia moral no la construye el ser humano en solitario. En el ascensor, en el metro o en cualquier lugar, el otro se vuelve una realidad para cada uno de nosotros: Tanto así que sostenerle la mirada por un tiempo se vuelve insoportable.

Junto a un equipo de la Universidad de Chile, Giannini ha investigado los “actos del habla” desde una perspectiva distinta a la tradicional, más centrada en el lenguaje



escrito. Este enfoque aborda la oralidad cotidiana, específicamente los modos que utilizamos al anunciar, vaticinar, testimoniar y prometer, con el fin de mostrar que la comunicación, bajo todas sus formas, es el reconocimiento del otro en cuanto sujeto.

Se trata de una investigación que integra el estudio de la ética y la comunicación para desentrañar mecanismos subyacentes a la interacción humana.



## **NUEVA TECNOLOGÍA DE AMORTIGUACIÓN ANTISÍSMICA**

Desde 1987 que no se produce un gran terremoto en Chile, país sísmico en el que los movimientos de tierra suelen provocar pérdidas humanas y materiales.

Con un enfoque preventivo, SIRVE 2000, proyecto nacido en la Pontificia Universidad Católica de Chile, se ha dedicado desde 1996 a la elaboración de innovadores sistemas de aislamiento sísmico y disipación de energía. Fruto de ello, han logrado reducir drásticamente el daño que las vibraciones producidas en este tipo de eventos



pueden causar en edificaciones de todos los tamaños, desde una casa a una torre de 115 metros de altura como la Titanium, una de las construcciones que posee esta tecnología, tal como se muestra en la imagen. Actualmente, SIRVE 2000 tiene dos patentes aprobadas y una en tramitación.

Gracias a este desarrollo de ingeniería, Chile se ha convertido en un interlocutor válido a nivel mundial en cuanto a tecnologías avanzadas de edificación antisísmica.



## NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ROSTROS

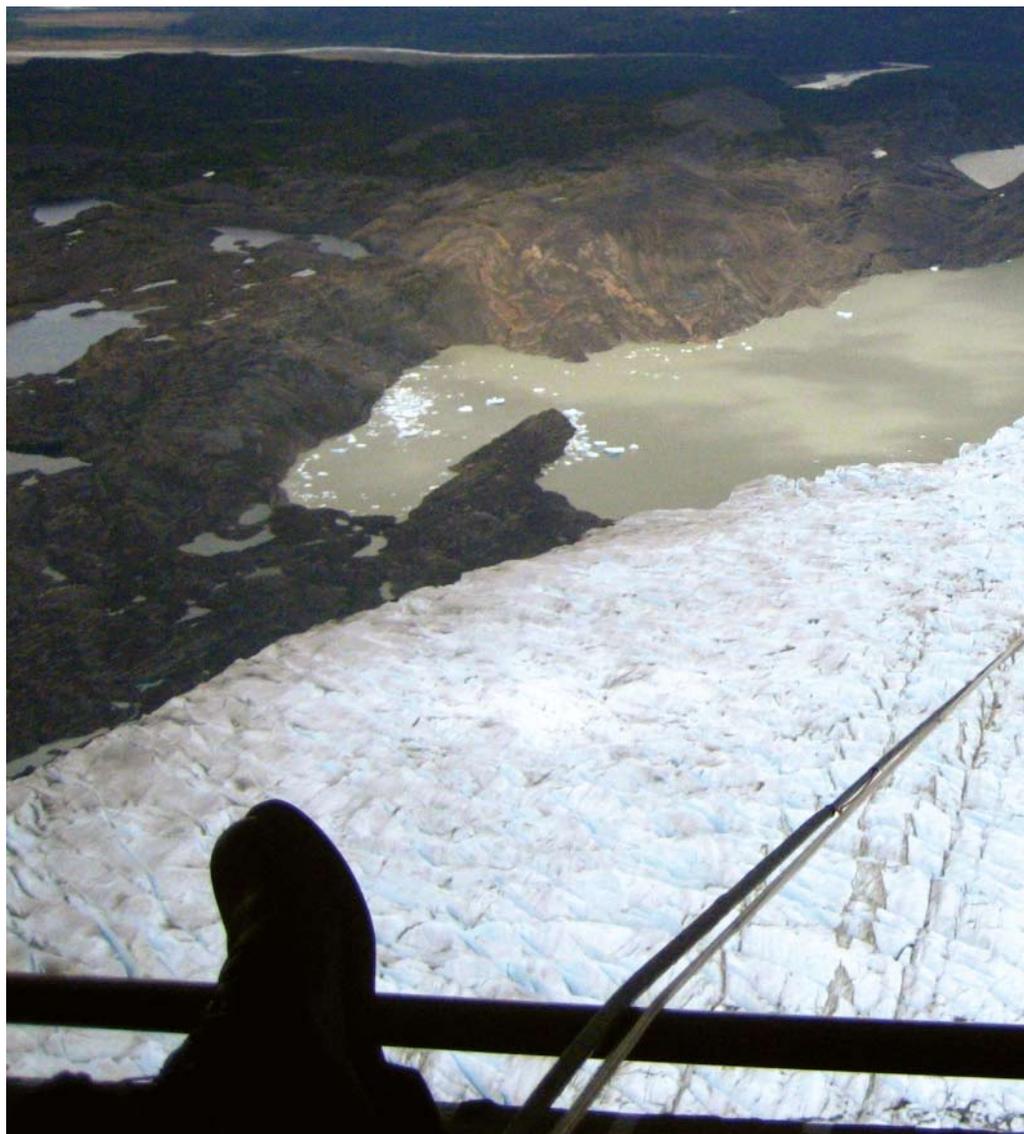
La vida en las ciudades modernas, superpobladas y con desplazamientos cotidianos de millones de habitantes, hace necesario el desarrollo de herramientas de seguridad cada vez más sofisticadas.

En 2004, ingenieros eléctricos de la Universidad de Chile comenzaron a desarrollar dos software biométricos que, a través de cámaras de alta resolución, son capaces de identificar el rostro de personas en movimiento, además de detectar conductas anómalas por parte de cualquier transeúnte. La tecnología también resulta de



interés para espacios menos transitados como universidades, oficinas y tiendas. Los prototipos desarrollados hasta ahora ofrecen grandes ventajas en relación a los aparatos importados disponibles en el mercado.

Este es un ejemplo de cómo investigaciones en ámbitos tan diversos como la biométrica, la computación y el procesamiento de imágenes, pueden dar origen a tecnologías de alta aplicabilidad.



### NUEVA TECNOLOGÍA AÉREA PARA MONITOREAR GLACIARES

Chile concentra aproximadamente 75% de los glaciares de Latinoamérica. Determinar el espesor del hielo —un parámetro básico para su estudio— representa un gran desafío, no solamente desde el punto de vista instrumental sino por las dificultades del trabajo en terreno.

En 2005, el Centro de Estudios Científicos de Valdivia (CECS) y la Armada de Chile comenzaron a desarrollar un radar aerotransportado con el objetivo de medir el espesor y características internas del hielo temperado —aquel que contiene abundante



agua, ya que está al punto de fusión— registrando valiosa información que permite comprender la dinámica del hielo y su relación con los cambios climáticos.

El instrumento, bautizado como “Sirah”, ya ha sido probado con éxito en la Patagonia, transformándose en el primer sistema aerotransportado latinoamericano para medir el espesor de los hielos y una de las pocas tecnologías a nivel mundial diseñada especialmente para hielo temperado.



### **NUEVA TECNOLOGÍA PARA EL CULTIVO DE LA CENTOLLA AUSTRAL**

El mercado internacional de la centolla —crustáceo altamente demandado por su sabor— es abastecido principalmente por la pesca extractiva, lo que ha provocado su sobreexplotación. La centolla austral, una especie que habita principalmente entre Valdivia y el Cabo de Hornos, no ha escapado a esa realidad.

Hace un tiempo, investigadores de las universidades Austral y de Los Lagos lograron domesticar la especie, lo que abrió auspiciosas perspectivas para su crianza en cautiverio. Actualmente, están enfocados en desarrollar una tecnología para



potenciar su crecimiento en celdas de cultivo, basados en el análisis de variables como temperatura, suministro de oxígeno, alimentación y calidad de las aguas, así como en el estudio de la fisiología de este crustáceo.

Aunque el proyecto aún se encuentra en etapa piloto, ya ha comenzado a aplicarse con éxito en algunas empresas del sector acuícola. La optimización de esta tecnología podría colocar a Chile a la vanguardia mundial de la producción de centollas en cautiverio.



### **NUEVA TECNOLOGÍA DE EXPLORACIÓN TELEDIRIGIDA**

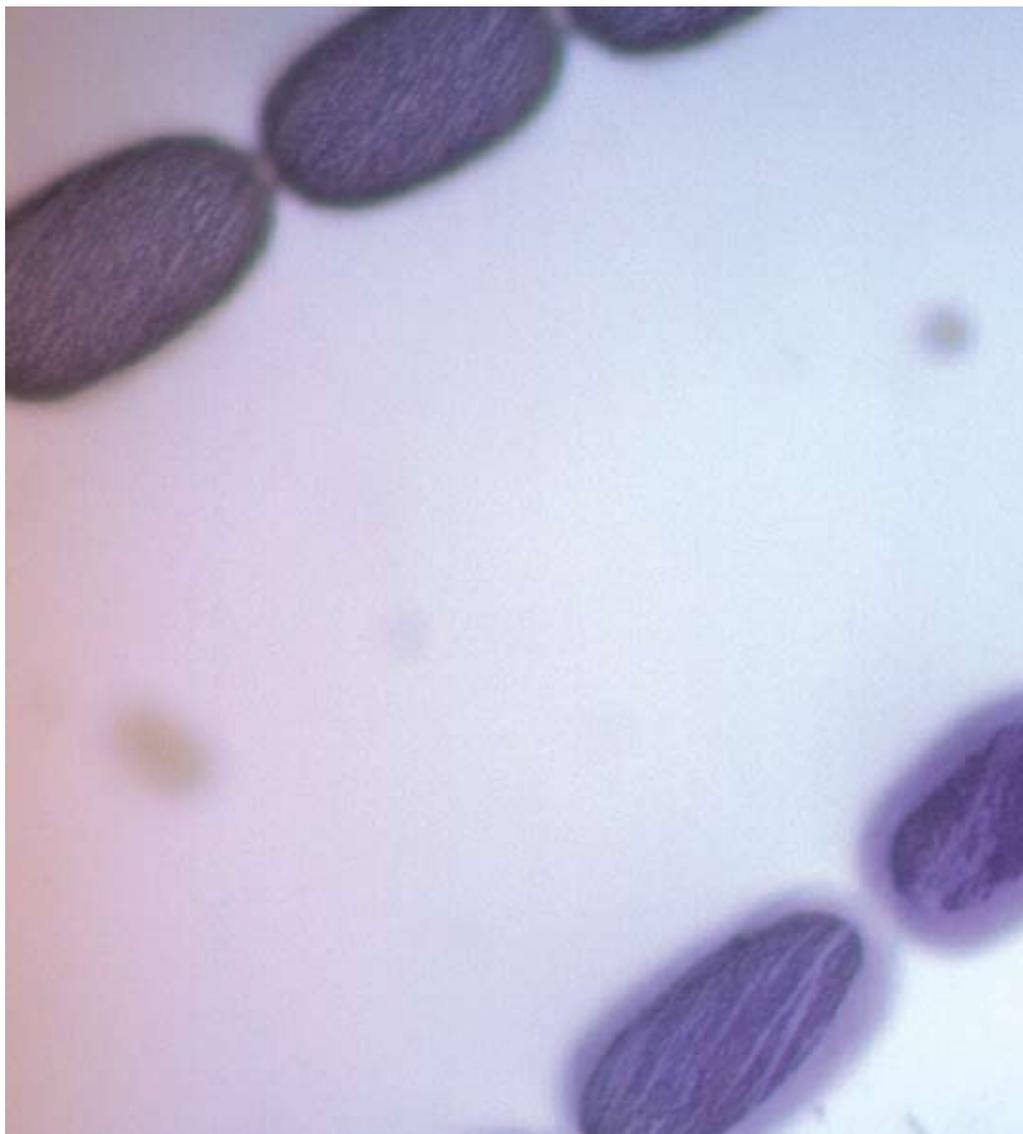
Junto a Islandia, Rusia, Dinamarca y Canadá, Chile es uno de los países con mayor proporción de zonas extremas desde el punto de vista climático, tectónico y geomorfológico. Desiertos, cordilleras, volcanes, glaciares y profundidades marinas dificultan la prospección de territorios con potencial de desarrollo.

Esta realidad dio origen a “Gastón”, un vehículo biónico creado por ingenieros de la Universidad de Santiago y diseñado para recabar información en zonas extremas a través de cámaras, sondas de penetración y un sensor ultrasónico, entre otras



tecnologías. Como si fuera poco, es capaz de emular el comportamiento de seres vivos, pues toma decisiones en escenarios de peligro y acusa fatiga, previniendo a sus controladores de la confiabilidad de la información que registra.

Los creadores se encuentran desarrollando nuevas funcionalidades para “Gastón”, como la de volar. Algunos de sus desarrollos, como el referido a la identificación georreferencial de imágenes, ya son utilizados por empresas de ingeniería civil y vialidad para la mantención de caminos.



### **NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE CONTAMINANTES**

Invisibles y peligrosos, los compuestos orgánicos volátiles pueden estar dispersos en el aire lo que constituye una amenaza a la salud. De las dos millones de muertes laborales ocurridas anualmente en el mundo, se estima que 22% son por exposición a estas sustancias, que generan complicaciones en el hígado, pulmones y en el sistema nervioso.

Investigadores de la Universidad Técnica Federico Santa María trabajan en la generación de nuevas tecnologías para el análisis permanente del aire ambiental



laboral. Una de éstas utiliza la planta subtropical *Tradescantia Pálida* como biodetector. A través de un monitor se analiza la respuesta de la planta a los compuestos –cuya mutación se aprecia en esta foto microscópica– obteniéndose valiosos datos sobre la calidad del aire.

Los prototipos desarrollados presentan mayor eficiencia y confiabilidad que la tecnología actual. De salir al mercado, se transformarían en una innovación chilena de categoría mundial.



### **MAYOR COMPETITIVIDAD PARA LA FRUTA CHILENA**

En 2008 Chile exportó 111.645 toneladas de nectarines y duraznos frescos, por un valor de US\$ 128 millones (FOB). Sin embargo, subsisten problemas que frenan la competitividad del sector, uno de los cuales es la distancia de envío de los productos hasta su destino final. Para soportar un viaje de veinte días en barco hasta el Hemisferio Norte, la fruta debe ser frigorizada, lo que retarda su deterioro, pero altera su consistencia y su sabor.



En el Centro de Biotecnología de la Universidad Andrés Bello, un grupo de investigadores ya ha logrado secuenciar alrededor de 50.000 genes de duraznos —la mayor base de datos genética de esta variedad a nivel mundial— e identificar unos 300 de ellos relacionados a la textura harinosa que desarrolla la fruta sometida a la cadena de frío.

En este y otros casos la genómica puede hacer grandes aportes a la competitividad de la fruticultura chilena.

**20 gr = US \$55**

### **DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN**

Por su aroma, sabor y escasez, la trufa es considerada un diamante negro. Un kilo fresco alcanza valores cercanos a los US\$ 1.500 en mercados como Francia y España, grandes consumidores de este hongo subterráneo.

Ello abre una ininteresante oportunidad para agricultores del centro-sur del país, a quienes la contraestacionalidad respecto al Hemisferio Norte les juega a favor. Estudios realizados desde 2002 por investigadores de la Universidad Católica del Maule, comprobaron que la zona precordillerana entre las regiones del Maule y Los



Lagos es ideal para el cultivo de este producto. Con ello, han sentado las bases técnicas para el desarrollo de la truficultura en el país, un negocio con retornos potenciales muy por sobre otros productos agrícolas.

Sólo a partir de 1990 se cultivan trufas fuera de Europa. En Chile, la aventura ya empezó y promete. Gracias a la ciencia, se abren nuevas alternativas económicas para pequeños y medianos productores silvoagropecuarios.



## **MEJOR PLANIFICACIÓN DE INVERSIONES AGRÍCOLAS**

Heladas, plagas y enfermedades, según el clima de cada estación, son algunos de los problemas que afectan la productividad del sector agrícola nacional.

Para enfrentarlos, CONICYT, el Fondo de Desarrollo Frutícola, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y la Dirección Meteorológica de Chile establecieron una alianza denominada Red Agroclimática, conformada por 114 estaciones ubicadas desde Arica y Parinacota hasta Magallanes. En ellas se recaba información en tiempo real, la que es traducida a reportes periódicos con información de las variables



climáticas más relevantes para la producción: temperatura, humedad, precipitación y frío, entre otras. Así, los productores pueden anticiparse a eventos climáticos y aumentar la precisión en el manejo de los recursos agrícolas.

Este modelo matemático de pronóstico permite, además, identificar climas con potencial para el desarrollo de nuevas variedades. Un eslabón crucial para hacer de Chile una potencia alimentaria mundial.



### **MAYOR COMPETITIVIDAD PARA LA INDUSTRIA ACUÍCOLA**

Chile es el segundo exportador mundial de salmón. Para consolidar la competitividad de nuestra industria acuícola, sin embargo, se requieren aún iniciativas ambiciosas y visionarias, entre las que destaca el desarrollo de la producción de especies nativas como la merluza, el lenguado, la corvina y el róbalo, todas de alto valor comercial.

Para lograrlo resulta crítico controlar la mortalidad temprana de estos peces, tarea en la que la correcta alimentación de las larvas juega un rol esencial. Desde hace un



tiempo, investigadores de la Universidad Católica de Temuco comenzaron a elaborar emulsiones enriquecedoras para los microorganismos que se emplean como alimento de las larvas. Hasta ahora, dichas emulsiones son importadas y, en ocasiones, no se ajustan plenamente a los requerimientos nutricionales de estas especies.

La ciencia y la tecnología son esenciales para reducir costos y, en definitiva, darle competitividad a las industrias chilenas basadas en recursos naturales.



## **MEJOR PLANIFICACIÓN DE LAS INVERSIONES MINERAS**

La fluctuación de la economía internacional es el talón de Aquiles de países productores de materias primas, como el cobre.

Para anticiparse mejor a escenarios de incertidumbre, investigadores de la Universidad de Chile, en conjunto con CODELCO, desarrollaron un modelo para optimizar la rentabilidad del negocio minero en el largo plazo. En base al enfoque de "opciones reales", el modelo ofrece adelantos en la consideración de escenarios más variados y



realistas, principalmente en lo referido a precios futuros y variaciones geológicas del mineras. En base a lo anterior, se proponen configuraciones óptimas de inversiones y operación para cada yacimiento analizado.

El Teniente y Chuquicamata, ésta última capturada en la imagen, son las dos minas de cobre en operación más antiguas de Chile y las de mayor tamaño en el mundo, lo que implica enormes desafíos financieros, logísticos y productivos. Para ellos, la ciencia tiene mucho que aportar.



## MAYOR COMPETITIVIDAD PARA LA PRODUCCIÓN MINERA

Al ser un recurso no renovable, el cobre de la corteza terrestre se agota inevitablemente. Ello obliga a las empresas mineras a desarrollar tecnología para extraer y procesar minerales en yacimientos con bajas concentraciones del metal.

En CODELCO están buscando ayuda en el *Thiobacillus Ferrooxidans*, un microorganismo que usa sus procesos vitales para extraer cobre desde las rocas sulfuradas de baja ley. Este proyecto de biolixiviación, como se conoce esta técnica



de empleo de bacterias para recuperar metales, está siendo desarrollada por Biosigma –joint venture entre la cuprera estatal y la japonesa Nippon Mining and Metals– y se espera que a futuro pueda ser aplicado de manera industrial.

En 2007, la División Andina de CODELCO presentó su primer cátodo elaborado a través de la biolixiviación, evento que fue noticia a nivel mundial y abrió el interés por incursionar en la “biominería”.



## MEJOR AUXILIO A POBLACIONES EN CRISIS

La violencia, las emergencias y los desastres naturales nos recuerdan cuán frágiles somos ante las crisis. También relevan la importancia de las distintas instituciones —hospitales, centros de acogida y de atención a víctimas, oficinas de emergencia, carabineros, y muchas más— que intervienen frente a estos eventos.

En 2003 se puso en marcha la Red de Centros de Apoyo para situaciones de crisis y emergencias, iniciativa implementada por la Pontificia Universidad Católica de Chile en las regiones de Coquimbo, La Araucanía y Metropolitana. Se trata de un sistema



dirigido por psicólogos, médicos, abogados y asistentes sociales, que busca articular la acción de aquellas instituciones para consolidar una estructura piramidal de intervención que responda de manera coordinada e integral frente a estos episodios. El objetivo es amortiguar al máximo el impacto traumático de las crisis en la población —estrés, ansiedad, depresión, decaimiento inmunológico o irritabilidad— facilitando un auxilio expedito que contribuya al bienestar social.



## MEJORES HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN

Comer sano es una tendencia mundial en alza y un factor relevante en la prevención de enfermedades como la obesidad y la diabetes, cuyos tratamientos tienen gran impacto en los presupuestos nacionales y en el de las personas.

Desde 2007, el Centro Regional de Estudios de Alimentos Saludables (CREAS), se dedica a desarrollar investigación científica en productos y procesos alimentarios de calidad. Dentro de sus actividades se encuentra la promoción de mejores hábitos



alimenticios, habiendo ya capacitado por dos años consecutivos a jefas de hogar para que introduzcan dietas saludables en sus casas, contribuyendo a la calidad de vida de su entorno.

Las asistentes aprendieron a preparar alimentos sanos, a reconocer los componentes de las etiquetas de los productos y a valorar la importancia de la actividad física. La divulgación de conocimiento científico puede contribuir de manera significativa a la calidad de vida de la población.



### **MAYOR SEGURIDAD EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

Anualmente se cometen unos 8.000 robos en la Región Metropolitana, 70% de ellos con violencia o intimidación. El desplazamiento constante de delincuentes por el Gran Santiago, dificulta la acción de Carabineros que, como toda entidad, cuenta con recursos limitados.

Ante ello, la institución desarrolló junto a varias universidades un modelo predictivo georeferenciado de ocurrencia de crímenes, útil para optimizar la distribución del



personal policial. La información –suministrada permanentemente desde distintas comisarías– alimenta un mapa dividido en cuadrillas rotuladas de 1 a 5, según la ocurrencia de delitos, lo que posibilita estimar su probabilidad futura en blancos como bancos, gasolineras y farmacias.

Curiosamente, la utilización imaginativa de un modelo econométrico está sirviendo para maximizar la cobertura preventiva y disminuir la criminalidad.



### **MÁS EMPLEO EN ZONAS AGRÍCOLAS**

La Araucanía y Bío-Bío son dos de las tres regiones con más desempleo en Chile, lo que da gran urgencia a la generación de alternativas productivas que reviertan tal situación.

Desde 2005, CONICYT y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha estado investigando las potencialidades de la murtilla para promover su cultivo entre agricultores de la zona. Se trata de un arbusto endémico que crece entre las regiones del Maule y de Aysén , y que produce frutos de agradable sabor y aroma. Ya se han



desarrollado mejoramientos genéticos –obteniéndose dos variedades patentadas– además de estrategias de escalamiento del producto en el mercado internacional.

Su producción es intensiva en recursos humanos –requiere de 20 trabajadores por hectárea– y su cosecha se realiza entre febrero y marzo, justo después de la del arándano. La murtilla –ciencia mediante– ya se ha constituido como fuente de ingreso adicional, transformándose en una beneficiosa alternativa para los temporeros de estas regiones.



### **FORTALECIMIENTO PRODUCTIVO DE COMUNIDADES AYMARA**

Las comunidades indígenas del Norte Grande de Chile tienen una alta inestabilidad laboral. En ello influye la falta de técnicas productivas avanzadas y de capital que aseguren la sustentabilidad de sus actividades tradicionales, principalmente asociadas a la producción de lana y carne.

Hace algunos años, CONICYT y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) comenzaron a apoyar a numerosas familias aymara del altiplano para producir y exportar fibra de vicuña y alpaca. Gracias a ello, los envíos del producto —cuyo precio



por kilo puede alcanzar los US\$ 680— se duplicaron en tres años. Actualmente, FIA y Fondef se encuentran introduciendo nuevas competencias para estandarizar los procesos de producción y lograr una oferta de calidad homogénea.

En el largo plazo, se pretende que las comunidades logren manejar de manera autónoma y sustentable este negocio. Para ello, la transferencia de conocimientos y técnicas productivas, tal como lo ilustra este caso, resulta fundamental.



## MEJOR PROGRAMACIÓN DE LOS PARTIDOS DE FÚTBOL

Hace un tiempo, la programación de partidos del fútbol profesional se hacía por sorteo.

Aunque el sistema era justo, los resultados no siempre eran convenientes para los clubes ni para la calidad del espectáculo: a Cobreloa le podían tocar dos viajes seguidos al sur, ocasionándole mayores costos y desgaste físico o si el clásico Colo Colo v/s Universidad de Chile se programaba a comienzos de temporada el público era mucho menor que jugando al final de ésta, sólo por citar algunos ejemplos.



Actualmente, un complejo modelo matemático desarrollado por el Instituto Milenio de Sistemas Complejos de Ingeniería, uno de los Centros Basales de CONICYT, se encarga de maximizar la asistencia de público esperado a los partidos y garantizar condiciones equitativas para los clubes, considerando factores deportivos, operacionales y de seguridad. De este modo, una ciencia tan abstracta como la matemática contribuye, cada fin de semana, al deleite de los fanáticos. Y de paso, a las finanzas de los clubes.

Piñ  
lgo i  
roy

Cin  
inv

Recib  
cinco  
Com  
La i  
que

de tratar c  
dicionales  
demanda  
comando.  
de los abaz  
encargado  
rechamen  
representa  
ciones en  
Eso es un  
-Eso es. l  
¿Por qué i  
medio traum  
rro de antes.  
-Frei sier  
deó de per  
con una cl.  
Y ahora, f  
forma en  
ha tratado  
bien peligr  
dios y con  
grupos que  
to de cóm  
Si hay un  
campana e  
Nadie zanj  
mente resu  
uno escuch  
ceranos en  
le da la imp  
len de su b  
negociació  
lario de ur  
¿Es una i

EL MERCURIO  
DOMINGO 29 DE MARZO DE 2009



FRENTE A LA MONEDA.— Grupos ecologistas destacaron

## Campaña mu Chile también de luces por

Entre las 20.30 y las 21.30 hora  
edificios emblemáticos del país  
quedaron a oscuras.

NADIA CABELLO y BERNARDITA ÁLVAREZ

Decenas de edificios y monumentos naciona  
los días entre las 20.30 y las 21.30 hor

### MAYOR CONCIENCIA SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Año a año, el programa Explora de CONICYT define una temática para ser relevada a nivel del país. En 2008 fue el turno del cambio climático, tema escogido para contribuir a situar en la agenda pública la discusión sobre las consecuencias del calentamiento global y generar un cambio conductual y una cultura de responsabilidad hacia el medio ambiente.

Con diversas actividades realizadas en todo el país, como ferias científicas, charlas y obras artísticas itinerantes, el evento convocó a 420 mil personas y tuvo alta



repercusión en los medios de comunicación, con 500 apariciones en diarios, revistas y canales de televisión de todo Chile.

Las actividades implementadas por Explora se enmarcaron en la celebración del Año Internacional del Planeta, iniciativa impulsada por Naciones Unidas en la que se planteó el desafío de entregar a la comunidad los conocimientos necesarios para que actúe y tome conciencia de las consecuencias de sus acciones sobre la salud de la Tierra.



## DESARROLLO TEMPRANO DEL ESPÍRITU CIENTÍFICO

El deseo de saber, las ganas de experimentar y la divulgación entusiasta de todo lo que se aprende son actitudes que pueden motivarse tempranamente en los niños.

En 2009, el programa Explora, de CONICYT, implementó el proyecto “Explorines” para educadores de párvulos interesados en desarrollar formas creativas de fomentar el aprendizaje y transmitir los saberes científicos a los más pequeños. Ya se han formado 44 clubes en todo el país, cada uno con 20 niños y niñas de 3 a 6 años, que



realizan diversas acciones de indagación del patrimonio natural y cultural de sus entornos.

Cada club está asociado a juntas de vecinos, organizaciones ambientales y medios de comunicación, donde los niños divulgan sus nuevos conocimientos. El ejercicio de descubrir y transmitir sus experiencias ayuda a que los pequeños pierdan el miedo a explorar el mundo y hace partícipe a la comunidad del proceso de aprendizaje científico.



## DIFUSIÓN MASIVA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En una época en que los avances científicos se suceden continuamente y en que la tecnología se supera a sí misma a gran velocidad, es imprescindible acercar la ciencia al gran público, de manera atractiva y comprensible.

La idea es no quedarse atrás y, para ello, “La semana de la Ciencia” del programa Explora de CONICYT reúne a investigadores y científicos con la comunidad escolar —y público en general— de todo Chile para hacerlos participar de una serie de ferias científicas, laboratorios abiertos, talleres y hasta obras de teatro. En la actividad



“Mil científicos, mil aulas”, por ejemplo, científicos destacados dan clases sobre su especialidad a escolares de distintas edades y responden preguntas sobre su vocación y trayectoria.

En estos siete días se busca generar en la sociedad una mayor comprensión del mundo y sus fenómenos, mediante el acceso directo a la ciencia y la tecnología en espacios abiertos y dinámicos.

... el número 108 de su artículo primero  
y lo dispuesto en el decreto supremo N° 419, de 1994, del  
Ministerio de Planificación y Cooperación;

Ministerio Secretaría General de la

**ESTABLECE NORMA DE EMISION PARA LA REGULACION DEL CONTAMINANTE ARSENICO EMITIDO AL AIRE**

Núm. 165.- Santiago, 27 de octubre de 1998.- Vistos: Lo establecido en el artículo 19 N° 8 y 32 N° 8 de la Constitución Política; lo dispuesto en la ley N° 19.300 de Medio Ambiente; el decreto supremo N° 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; los acuerdos de fecha 12 de abril de 1996 y 31 de enero de 1997 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; las resoluciones de 13 de marzo de 1997 y N° 844, de 5 de diciembre de 1997 de la Dirección General de Medio Ambiente; la resolución N° 520, de 1997 de la Contraloría General de la República;

*Considerando:*

Que el arsénico, según la Agencia Internacional de Investigaciones Científicas (IARC), ha sido clasificado como un agente cancerígeno comprobado.

La necesidad de contar con una regulación ambiental aplicable a la emisión de arsénico al aire, dado el impacto de este contaminante sobre la salud de la población y los recursos naturales.

Los antecedentes contenidos en el expediente, las observaciones formuladas en la etapa de consulta y los resultados del análisis del impacto social y económico de la norma, de conformidad con lo previsto en el artículo 40 de la ley N° 19.300 de Bases de Regulación del Medio Ambiente, la norma para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire debe establecerse mediante decreto supremo;

*Decreto:*

Establécese la norma de emisión para la regulación del contaminante arsénico emitido al aire, cuyo texto es del tenor siguiente:

**TITULO I**

**DESARROLLO DE NORMATIVA SOBRE CONTAMINANTES**

En los años '90, la Región de Antofagasta presentaba niveles de arsénico —causante de cáncer al pulmón, entre otros males— muy superiores al promedio nacional. A la creciente preocupación por la salud de las personas, se sumaban presiones medioambientales desde EE.UU. que amenazaban con interrumpir las importaciones de cobre chileno, cuyas fundiciones emitían altos volúmenes de este contaminante. El desafío para las autoridades nacionales era desarrollar una regulación que

Sagrado Foncea, RUNN° 2.726.108-6, Fiscal del  
Servicio, grado 3°.  
- Heriberto Serqueira Leiva, RUNN° 3.875.057-7, Jefe de  
Departamento de Coordinación Administrativa del Ser-  
vicio, grado 3°.

Anótese  
Por orden del F  
tana Peña, Mini  
Lo que tr  
Antonio Lara B.  
Cooperación.

## Presidencia

### REGULACION DEL AL AIRE

establecido en los artículos  
19.300 de Bases del  
Secretaría General de  
de 1997 del Consejo  
esexentas N°s 109,  
ción Ejecutiva de  
de 1996, de la

del Cáncer

misión de  
ión y los

s en la  
orma.  
Bases  
nico

- h) Fuente existente: cualquier fuente emisora de arsénico en entrada en vigencia de esta norma;
- i) Funcionamiento actual: Las condiciones regulares de momento de entrar en vigencia la presente norma;
- j) Hornos Batch: Equipo que opera de modo discontinuo con el cargamento del equipo y concluye con la producción de cobre blister, cobre anódico o cobre que realiza en el equipo de moldeo de productos, obteniendo unidades de productos finales solidificados;
- k) Incremento: Fracción puntual extraída desde una unidad de operación del instrumento de muestreo;
- l) Muestra: La parte de una unidad de muestreo (Conjunto de unidades generalmente obtenida por la unión de incrementos o fracciones) que representa a la unidad en cuanto a la fracción de arsénico;
- m) Olla o taza: El recipiente metálico de capacidad determinada para fundir productos fundidos a alta temperatura en las fundiciones;
- n) Polvos captados: Las partículas sólidas transportadas por los equipos de tratamiento de estos gases, como calderas de expansión de gases, precipitadores electrostáticos, filtros de captación y;
- o) Unidad de muestreo: El conjunto de productos sólidos o líquidos físicos y químicos similares, provenientes de una misma operación. Se considerará específicamente para cada caso lo siguiente:
  - Para la alimentación: La cantidad de material contenido en un ferrocarril, una tolva o una cámara preparada en caso de un flujo continuo corresponderá a la cantidad de productos alimentados durante 4 horas, o según la operación;
  - Para el producto final: La cantidad de productos generados en un batch, o un mínimo de 1% de las unidades de moldeo;
  - Para la escoria: La cantidad de escoria generada en un batch de moldeo;

protegera la salud sin afectar excesivamente al aparato productivo. En 1993 un equipo de la Universidad de Chile comenzó una investigación en la que se cuantificó el daño asociado al arsénico proveniente de siete fundiciones, además de los costos y efectos de distintos niveles de reducción de emisiones.

Esta investigación científica proporcionó las bases técnicas para la creación de una normativa de emisiones de arsénico, promulgada en octubre de 1998.



## DESARROLLO DE NORMATIVA SOBRE RECURSOS NATURALES

La extracción de mariscos es una práctica tan antigua como el poblamiento del litoral chileno. Con el tiempo, el crecimiento demográfico y la apertura de mercados de exportación pusieron en jaque la sustentabilidad de los recursos marinos.

En la década de los '80, biólogos de la Pontificia Universidad Católica de Chile estudiaron durante cinco años cómo se recuperaban las poblaciones de erizos, locos, lapas y otras especies afectadas por la sobreexplotación en el litoral central.



Los resultados permitieron introducir el concepto de “área de manejo” en la Ley de Pesca, donde se entrega en concesión los recursos marinos a pescadores organizados, quienes operan según la evolución de las poblaciones de moluscos.

Gracias a la producción de conocimiento científico hoy Chile cuenta con áreas marinas protegidas por ley, la primera de las cuales se instaló en 1992. Hoy existen más de 700 repartidas en cerca de 1.000 km de costa.



## MEJOR SELECCIÓN A LA UNIVERSIDAD

Por 30 años los chilenos rindieron la Prueba de Aptitud Académica (PAA) para acceder a alguna universidad del Consejo de Rectores. Durante ese período, las pruebas no fueron sometidas a revisiones sistemáticas, lo que produjo desalineamientos entre el proceso de selección y los objetivos formativos de los cuatro años de educación media, que fueron cambiando a través de los años.

En el 2000, profesionales de las universidades de Chile y Católica de Chile, junto a expertos internacionales, revisaron completamente el modelo existente para generar



nuevos contenidos y formatos de preguntas. Las ocho pruebas antiguas se redujeron a cuatro, todas referidas a los contenidos determinados por el Consejo de Rectores.

La nueva Prueba de Selección Universitaria (PSU) debutó en diciembre de 2003 con un diseño orientado a medir habilidades cognitivas, capacidad de relacionar lo aprendido y contextualizarlo. El trabajo de expertos en educación y en teoría de la medición, puede aportar mejoramientos estructurales a nuestro sistema educativo.



## MEJOR CURRÍCULO ESCOLAR EN CIENCIAS

Enseñar ciencia a los escolares es más que proporcionarles una lista de conocimientos. Las maravillas del mundo natural, los misterios de la química y la física y los procedimientos del método científico son instrumentos eficaces para que los niños aprendan a pensar y a desarrollar una actitud abierta y curiosa frente a la ciencia y a la vida en general.

Desde 2007 el Programa Explora de CONICYT está implementando “Tus



competencias en ciencias”, una innovadora actividad extra-programática que lideran 600 profesores en talleres en los que participan más de 12.000 niños de todo el país. Concebida como un complemento del área curricular, el programa busca fomentar la valoración de la ciencia y la tecnología en escolares, a través del desarrollo de habilidades científicas y competencias como la investigación, la búsqueda de soluciones a problemas, la utilización de métodos de análisis y el trabajo en equipo.



## MEJORES HERRAMIENTAS PEDAGÓGICAS

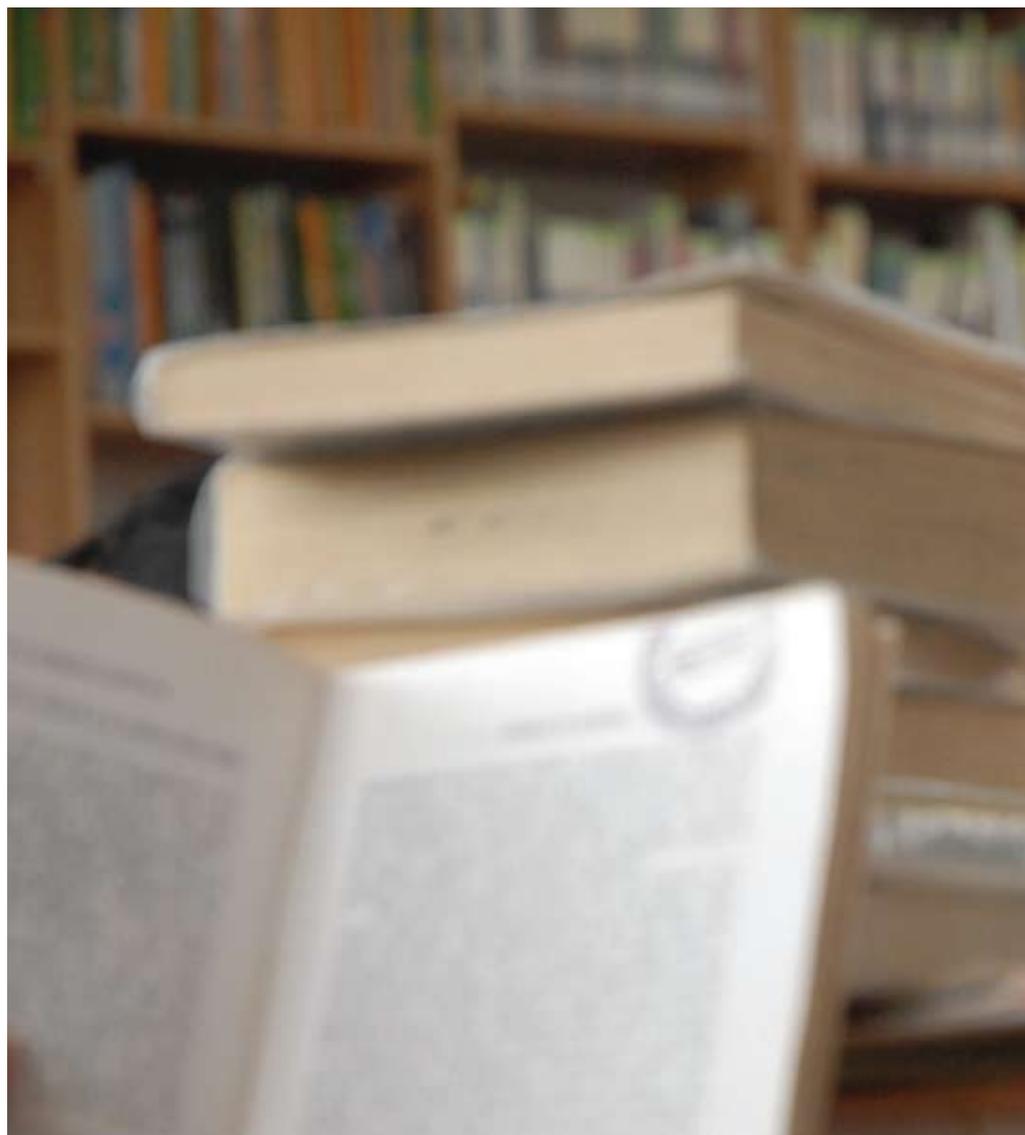
La actual sociedad de la información ha creado nuevas estructuras cognitivas y de pensamiento, principalmente en los más jóvenes. Ello exige, entre otras cosas, la modernización de las metodologías educacionales disponibles, a partir de herramientas pedagógicas interactivas y capaces de dialogar con el alumno.

Desde 2004, expertos de la Universidad de Chile desarrollan el proyecto APROA, que busca crear un sistema informático en red para que los profesores generen



y compartan entre sí contenidos pedagógicos modernos y atractivos para los estudiantes. La llamada tecnología de objetos de aprendizaje ofrece herramientas para que docentes reúnan archivos de texto, imagen y sonido reutilizables por sus colegas, generando un sistema cooperativo de enseñanza.

El sistema se está aplicando en 30 escuelas de Osorno y aspira a constituir, algún día, una red nacional de objetos de aprendizaje que impacten positivamente en la educación chilena.



### **IMPULSO A ESCOLARES DESTACADOS**

En Chile hay 350 mil escolares con habilidades sobresalientes en matemáticas, ciencias naturales y sociales, y humanidades. Muchos de ellos se aburren por falta de estímulos, lo que a la larga puede traducirse en importantes pérdidas para el país.

Para disminuir esa posibilidad, un grupo de psicólogos educacionales desarrolló el programa PENTA-UC con el fin de entregarles herramientas de estimulación cognitiva y afectiva a alumnos talentosos de escuelas municipalizadas. Es un



programa de enriquecimiento extracurricular que considera el desarrollo de habilidades analíticas, creativas y de inteligencia práctica. Y no sólo los escolares son los beneficiados: aquellos profesores interesados en trabajar esta área específica de la educación tienen la posibilidad de capacitarse.

Desde 2001, el programa ha beneficiado a cerca de 840 escolares de la Región Metropolitana y ya se ha ido ampliando a otras regiones. Chile necesita apoyar a sus mejores talentos, en especial aquellos de sectores más vulnerables.



### **DESARROLLO DE UNA VACUNA PARA EL VIRUS SINCICIAL**

El virus respiratorio sincicial es una infección altamente contagiosa, que afecta con mayor severidad a menores de dos años. En temporadas críticas, puede ser responsable de más de 70% de las enfermedades respiratorias en lactantes en Chile.

Tras un trabajo de varios años, un equipo de académicos de la Pontificia Universidad Católica ha logrado la difícil tarea de aislar los componentes del virus y avanzar en la elaboración de una vacuna que actualmente está siendo sometida a ensayos



preclínicos con grupos de riesgo en nuestro país.

Aún queda mucho camino por recorrer. En los próximos años, el objetivo es que la vacuna cumpla con todos los estándares establecidos por la Agencia de Fármacos y Alimentos de Estados Unidos (FDA) para contribuir a la solución de este problema de salud pública. De lograrlo, se trataría de la primera inmunización masiva existente en el mundo, desarrollada por científicos chilenos.



## **DESARROLLO DE TRATAMIENTOS PARA ROTAVIRUS Y CALICIVIRUS**

Las infecciones por rotavirus y calicivirus en menores de cinco años son un permanente problema de salud pública en todo el mundo. Provocan diarrea, deshidratación, fiebre y vómitos, y son los causantes del 50% de las hospitalizaciones de preescolares en Chile.

Desde 2006, médicos de la Universidad de Chile han investigado ambos agentes virales y, en el caso del rotavirus, han obtenido información epidemiológica altamente relevante sobre su impacto en la población. Actualmente están concentrados en el



calicivirus, determinando las características genéticas de sus distintas variedades para conocer la vulnerabilidad de las personas frente al virus, sus efectos, y sentar las bases para el desarrollo de técnicas de diagnóstico y de una eventual vacuna.

Esta investigación de medicina genética ha contribuido a ampliar el conocimiento sobre ambos agentes patógenos, base para el desarrollo de mecanismos cada vez más efectivos de prevención y recuperación que aminoren su impacto en la población.



## **DESARROLLO DE TERAPIAS ALTERNATIVAS PARA EL CÁNCER**

El cáncer es la segunda causa de muerte en Chile. En lo que toca a la incidencia del cáncer gastrointestinal, nuestro país ocupa un triste 2° lugar, a nivel mundial.

Desde hace un par de años, el CTI Salud, un consorcio compuesto por las universidades de La Frontera, de Concepción y Austral, junto con algunas empresas chilenas y el Instituto Leloir, de Argentina, trabaja desarrollando un nuevo tratamiento para el cáncer colorectal, que constituye una innovación a nivel mundial. En base



a ingeniería genética se han modificado ciertos adenovirus para que ataquen y destruyan exclusivamente las células tumorales. Otras modificaciones a estos virus buscan hacerlos inocuos para las células normales. Las pruebas en animales han sido muy auspiciosas, lo que hace enfrentar con optimismo la nueva y conclusiva fase de pruebas clínicas que ahora comienza.

La ciencia y la tecnología chilenas pueden hacer importantes contribuciones a la salud, incluso a nivel mundial.



### **DESARROLLO DE UN REMEDIO NATURAL PARA LA ARTRITIS**

La artritis reumatoide es una enfermedad autoinmune que afecta al 1% de la población mundial, provocando inflamación en las articulaciones, acompañada de dolor de espalda y esclerosis múltiple.

En 2004 investigadores del Instituto de Farmacología de la Universidad Austral de Chile comenzaron a desarrollar un remedio natural —el Paractin— con propiedades antiinflamatorias e inmunoestimulantes en base a una planta medicinal de origen



asiático. El medicamento ya obtuvo una patente y ha comenzado a ser comercializado en Estados Unidos. Con ensayos en humanos, los investigadores han continuado estudiando sus propiedades para aplicarlo al tratamiento de la artritis. Y los resultados han sido excelentes, principalmente porque el medicamento no presenta los efectos secundarios —hepáticos y cardíacos— asociados a los remedios de origen químico. La naturaleza esconde innumerables secretos. Investigaciones científicas como ésta pueden contribuir a desentrañarlos para ponerlos al servicio de la salud pública.



### **DESARROLLO DE UN REMEDIO NATURAL PARA EL ALZHEIMER**

Más de 150.000 personas padecen de Alzheimer en Chile, una de las 10 primeras causas de muerte en mayores de 65 años. En términos de salud pública, esta enfermedad impone el desafío de conseguir tratamientos efectivos y económicamente más accesibles.

En el Centro de Envejecimiento y Regeneración (CARE), dirigido por el Premio Nacional de Ciencias Naturales Nivaldo Inestrosa, se investiga una innovadora



forma de combatir este mal en base al uso de derivados de la Hierba de San Juan y la Equinacea de la India. Ambos compuestos cumplen la doble función de desarmar las placas seniles que se forman en el cerebro y estimular la protección de las células. La apuesta de los científicos es que la vida de los pacientes de Alzheimer se prolongue en al menos cinco años e, incluso, albergan la esperanza de obtener retrocesos en la enfermedad.



### **DESARROLLO DE UN REMEDIO PARA LA DISFUNCIÓN ERÉCTIL**

El estrés afecta múltiples capacidades humanas, entre ellas la de llevar una vida sexual satisfactoria. El 70% de las disfunciones eréctiles a nivel mundial —que padece entre el 20 y el 30% de la población masculina— es atribuido a esa causa.

En busca de una solución natural para este problema, investigadores de la Universidad de la Frontera estudiaron el veneno de la araña del trigo, cuyas propiedades, bien conocidas en el campo chileno, dieron origen a la expresión “picado de la araña”.



Tras nueve años de investigación, consiguieron aislar y ajustar el principio activo del veneno que actúa específicamente sobre el proceso dilatador de los cuerpos cavernosos del pene, sin consecuencias colaterales como las que presentan algunos medicamentos.

Luego de la obtención de una patente por el descubrimiento, continúa la investigación para traspasar este innovador producto a la industria farmacéutica. Un aporte neto de la ciencia a la salud y bienestar de millones de parejas.



## CONSERVACIÓN DE CETÁCEOS EN MAGALLANES

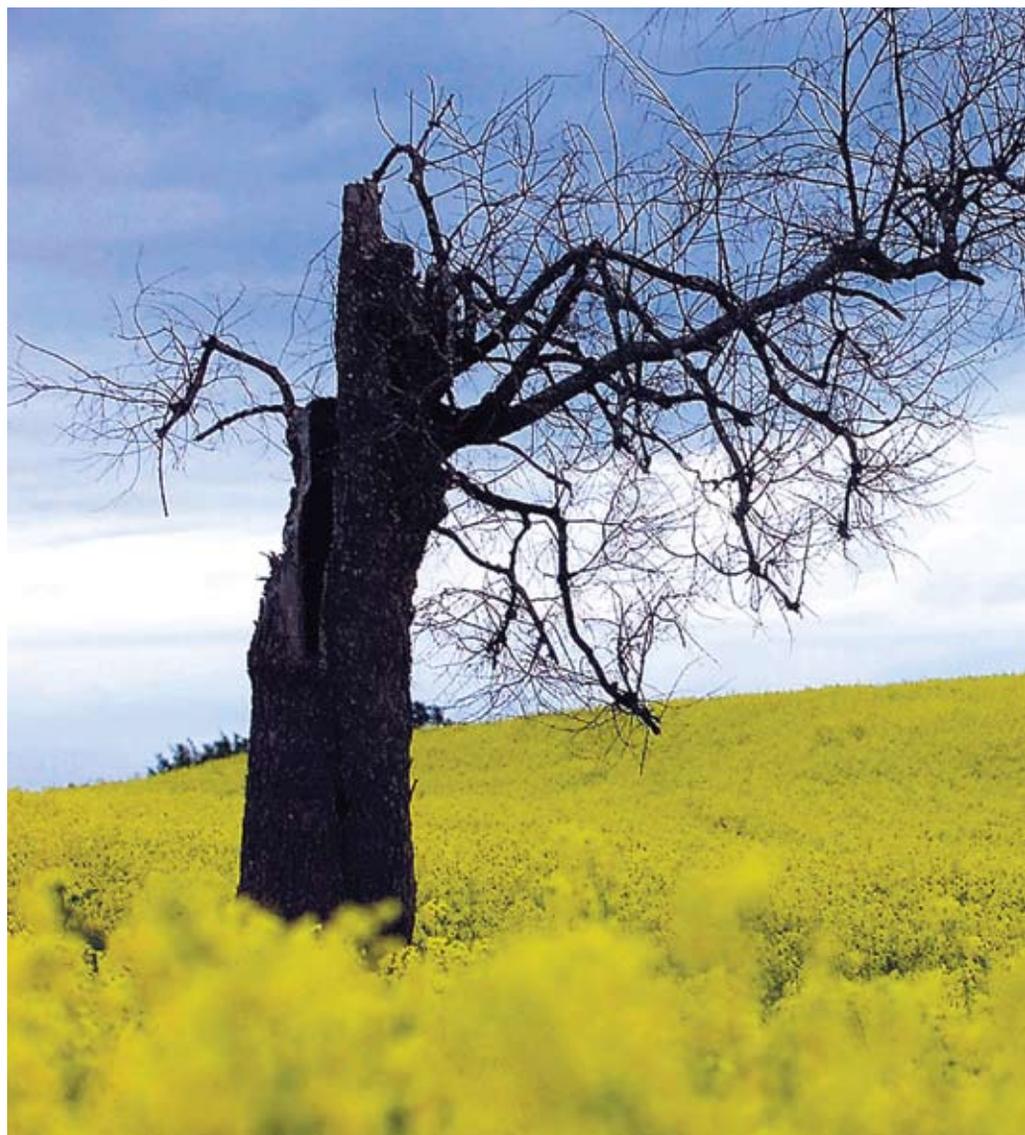
Cada año, mueren en el mundo más de 1.500 ballenas como producto de su caza por parte del ser humano.

La población total de ballenas francas y ballenas jorobadas no supera actualmente los 15.000 ejemplares, apenas el 10% de las que existían hace un siglo. Para privilegio de los chilenos, cerca de 120 de estos cetáceos llegan todos los años al Estrecho de Magallanes, donde permanecen durante 6 meses. Desde 2003, los investigadores del Centro de Estudios del Cuaternario Fuego Patagonia y Antártica (CEQUA) han



estudiado acuciosamente su comportamiento reproductivo, alimentario y migratorio, además de su genética. Así, han obtenido información clave para su conservación y, de paso, para el desarrollo del turismo de intereses especiales en torno al atractivo de estas especies.

Gracias a la ciencia hoy sabemos más sobre las ballenas francas y las jorobadas —como la que aparece aquí en los mares australes— lo que nos permite actuar para su conservación.



## **DESARROLLO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS**

Chile es uno de los 3 países latinoamericanos con más alta tasa de emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, lo que nos plantea altas exigencias en la búsqueda de fuentes de energía menos contaminantes.

En La Araucanía, investigadores de la Universidad de la Frontera están dando los primeros pasos para generar biodiésel a partir de raps, una oleaginosa que se cultiva en el sur desde 1960. El cultivo de plantas para elaborar combustibles tiene la virtud



de absorber CO<sub>2</sub>, compensando la liberación de este gas a la atmósfera que luego ocurrirá en la combustión.

Actualmente los investigadores cuentan con un cultivo piloto del que se obtienen 210 toneladas del combustible por año. Parte de éste es analizado para ajustarlo a normas europeas que certifiquen su calidad y permitan su comercialización. La ciencia puede ofrecer múltiples soluciones en la lucha contra el calentamiento global.



## DESARROLLO DE ENERGÍA EÓLICA

Los efectos del cambio climático han acelerado los esfuerzos para reemplazar al carbón, petróleo y gas como fuentes primarias de energía. En Chile, éstas se usan en generación eléctrica y emiten 72.000.000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. Para disminuir estas emisiones contaminantes, el Gobierno busca potenciar las energías limpias y lograr que estas representen el 15% de la matriz energética al 2015.

Para lograrlo, investigaciones como la llevada a cabo por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) resultan de vital importancia. Mediante



estaciones de monitoreo itinerantes los investigadores elaboran “mapas de potencial eólico”, donde identifican aquellas zonas de Atacama y Coquimbo favorables para la instalación de centrales aerogeneradoras.

La imagen corresponde a Canela II, uno de los cuatro parques eólicos que han sido inaugurados en la Región de Coquimbo y que aportan 165,15 MW al sistema eléctrico nacional. Un paso concreto en la lucha contra los gases de efecto invernadero.



## **MEJOR CALIDAD DE VIDA LABORAL**

La inconformidad con el salario, la jornada laboral o las malas relaciones con los jefes, suelen ser las causas más frecuentes de conflicto en las empresas.

Es en este contexto donde trabajos como el del centro Vincular, de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, cobran alta relevancia. En 2004, comenzaron a desarrollar una metodología de diagnóstico organizacional con el objetivo final de aumentar la calidad de vida laboral y la productividad en las empresas. Durante cuatro años —y a través de sucesivas encuestas anónimas— midieron la satisfacción e



insatisfacción de los trabajadores en 19 organizaciones y fueron desarrollando planes concretos de acción. Al final del proceso, cerca de 90% de los problemas detectados fueron solucionados.

En los próximos años, esperan replicar el modelo en más de 500 compañías. La investigación científica puede contribuir al mantenimiento de entornos laborales amigables y eficientes.



## **MEJOR ADMINISTRACIÓN DE LOS HOSPITALES**

El Hospital Clínico Regional de Concepción cuenta con 81 mil días/cama disponibles para intervenciones quirúrgicas durante el año. 12% de esa capacidad permanece inutilizada, un porcentaje bajo en relación a otros hospitales del país, donde los tiempos muertos entre operaciones son la evidencia de debilidades en la organización del trabajo.

En ese contexto, ingenieros de la Universidad del Bío-Bío desarrollaron un sistema para programar el uso de pabellones según los recursos requeridos y atendiendo a



las restricciones de cada hospital, lo que incluye médicos, enfermeras e insumos farmacéuticos. El objetivo es aumentar la productividad de los pabellones —hasta ahora gestionados de manera manual y empírica— incrementando el número de intervenciones, disminuyendo los tiempos de espera y, de paso, el costo unitario de las intervenciones.

Esta relevante aplicación de ingeniería industrial ya está operando en Concepción. Pronto se espera impactar positivamente con ella a todo el sistema público de salud.



## PRESTIGIO PARA CHILE Y SUS REGIONES

Chile cuenta con uno de los cielos más claros del Planeta. Ello explica, en buena parte, el emplazamiento de varios de los telescopios más grandes y sofisticados del mundo en el norte de nuestro país, así como la consolidación de una poderosa comunidad de astrónomos locales.

En la última década, la producción científica en astronomía y astrofísica ha aumentado notoriamente en Chile. Según los registros de *Web of Science*, actualmente las publicaciones científicas en la materia ascienden a 10% del total de la producción



científica nacional, una cifra proporcionalmente mayor a la que alcanza Inglaterra, Canadá o Estados Unidos, por nombrar algunos.

La infraestructura y la investigación astronómica no sólo le reportan reconocimiento a Chile por parte de la comunidad científica. También nuestro país ha ganado prestigio como destino turístico lo que se refleja en el creciente interés de miles de turistas extranjeros que llegan atraídos por la posibilidad de observar los astros como en ninguna otra parte del mundo.

## REFERENCIAS DE LOS CASOS

A continuación se presenta el detalle de cada uno de los casos seleccionados para ilustrar el impacto de la ciencia y la tecnología en los distintos ámbitos de la sociedad. En ellos se hace referencia al nombre del proyecto, al investigador e institución principales, y la fuente de financiamiento asignada por CONICYT.

### IMPACTO CIENTÍFICO

1. págs. 30-31: “*Investigación paleoecológica del Desierto de Atacama y Cordillera de Los Andes en el norte de Chile*”, proyecto liderado por Claudio Latorre del Instituto de Ecología y Biodiversidad y financiado por la Iniciativa Científica Milenio y por el programa de Financiamiento Basal de CONICYT.
2. págs. 32-33: “*La clase política civil y los movimientos sociales en Chile: cooperación y conflicto (1919-1973)*”, proyecto liderado por Gabriel Salazar y financiado por Fondecyt de CONICYT.
3. págs. 34-35: “*Algebraic and Arithmetic forms aspects in quadratic forms*”, proyecto liderado por Ricardo Baeza de la Universidad de Talca y financiado por Fondecyt de CONICYT.
4. págs. 36-37: “*Navegación por Internet: protocolos perceptivos, cognitivos y corporales*”, proyecto liderado por Rafael del Villar de la Universidad de Chile y financiado por Fondecyt de CONICYT.
5. págs. 38-39: “*Comunidad e identidad urbana historias de barrios del gran Santiago: 1950-2000*”, proyecto liderado por Francisca Márquez de la Universidad Academia Humanismo Cristiano y financiado por Fondecyt de CONICYT.
6. págs. 40-41: “*Continuidad y ruptura en la transmisión de los saberes culinarios en tres regiones de Chile: una perspectiva desde la construcción simbólica del género*”, proyecto liderado por Sonia Montecino de la Universidad de Chile y financiado por Fondecyt de CONICYT.
7. págs. 42-43: “*Acción comunicativa y experiencia moral: esbozo de una ética del conflicto*”, proyecto liderado por Humberto Giannini de la Universidad de Chile y financiado por Fondecyt de CONICYT.

### IMPACTO TECNOLÓGICO

8. págs. 44-45: “*Proyecto SIRVE 2000 sistemas innovativos para la reducción de vibraciones en estructuras*”, proyecto liderado por Carl Lüders de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

9. págs. 46-47: “*Biometría para vigilancia inteligente por video: detección, seguimiento, identificación, y determinación de comportamiento*”, proyecto liderado por Claudio Pérez de la Universidad de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.
10. págs. 48-49: “*Proyecto Hielo-Siraht*”, proyecto liderado por Gino Casassa y Andrés Rivera de CECS Valdivia, en conjunto con la Armada de Chile y financiado por el I Concurso de Apoyo a la Cooperación Internacional de Excelencia de CONICYT.
11. págs. 50-51: “*Desarrollo del cultivo de centolla, Fase II: optimización de la tecnología para producción de semilla y desarrollo de tecnología de engorda*”, proyecto liderado por Alejandro Paschke de la Universidad Austral de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.
12. págs. 52-53: “*Prototipo de vehículo biónico para exploración de zonas extremas*”, proyecto liderado por Lucio Cañete, en conjunto con Zañartu Ingenieros Consultores S.A y financiado por el I Concurso Inserción de Personal Altamente Calificado en la Industria de CONICYT.
13. págs. 54-55: “*Sistema integrado de toma y procesamiento de muestras atmosféricas en ambientes laborales para la determinación de compuestos orgánicos volátiles*”, proyecto liderado por Francisco Cereceda de la Universidad Técnica Federico Santa María y financiado por Fondef de CONICYT.

## **IMPACTO ECONÓMICO**

14. págs. 56-57: “*Genómica funcional en nectarines: plataforma para potenciar la competitividad de Chile en exportación de fruta*”, proyecto liderado por Julio Retamales de la Universidad de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.
15. págs. 58-59: “*Truficultura: Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario*”, proyecto liderado por Rómulo Santelices de la Universidad Católica del Maule y financiado por la Fundación para la Innovación Agraria.
16. págs. 60-61: “*Desarrollo de una red de agrometeorología nacional*”, proyecto liderado por la Fundación para el Desarrollo Frutícola, en conjunto con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y la Dirección Meteorológica de Chile, y financiado por CONICYT y la Fundación para la Innovación Agraria.
17. págs. 62-63: “*Nuevos productos para la industria de la alimentación larvaria de peces: desarrollo de nuevos métodos de producción de alimentos vivos y producción de enriquecedores artificiales para rotíferos*”, proyecto liderado por Herman Dantagnan de la Universidad Católica de Temuco y financiado por Fondef de CONICYT.

18. págs. 64-65: “*Metodología para Evaluar Inversiones en Proyectos Mineros de Cobre de Largo Plazo*”, proyecto liderado por Rafael Epstein del Instituto Científico Sistemas Complejos de Ingeniería (SCI) y financiado por Iniciativa Científica Milenio y por el programa de Financiamiento Basal de CONICYT.

19. págs. 66-67: “*Biolixiviación de sulfuros primarios de cobre: conceptualización y modelación de un proceso eficiente de valorización de recursos mineros*”, proyecto liderado por Juan Enrique Morales, en conjunto con Biosigma S.A. y financiado por el IV Concurso Inserción de personal altamente calificado en la industria, de CONICYT.

### **IMPACTO SOCIAL**

20. págs. 68-69: “*Diseño, implementación y evaluación de una red de centros de apoyo para situaciones de crisis y emergencia*”, proyecto liderado por Ana Maria Aron de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

21. págs. 70-71: “*Centro regional de estudios en alimentos saludables*”, proyecto liderado por Maria Elvira Zúñiga de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y financiado por Programa Regional y Fondef de CONICYT.

22. págs. 72-73: “*Modelo predictivo del crimen para la Región Metropolitana*”, proyecto liderado por el Coronel Alfredo Lagos de Carabineros de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

23. págs. 74-75: “*Variedades y estrategias para la producción y comercialización de murtillo (Ugni Molinae Turcz.) en el mercado global*”, proyecto liderado por Ivette Seguel del Instituto de Investigación Agropecuaria y financiado por Fondef de CONICYT.

24. págs. 76-77: “*Fibra de Vicuña de exportación: producción y comercialización de fibra de vicuña bajo manejo sustentable con comunidades aimara del altiplano de la Región de Tarapacá*”, proyecto liderado por Guillermo Cisternas de Conaf y financiado por CONICYT y la Fundación para la Innovación Agraria.

25. págs. 78-79: “*Programación de campeonatos organizados por la ANFP usando modelos matemáticos combinatoriales*”, proyecto liderado por Guillermo Durán y Andrés Weintraub, en conjunto con el Instituto Científico Sistemas Complejos de Ingeniería, financiado por la Iniciativa Científica Milenio y por el programa de Financiamiento Basal de CONICYT.

### **IMPACTO CULTURAL**

26. págs. 80-81: “*El tema del año 2008 - El cambio climático*”, iniciativa de difusión temática del programa Expora de CONICYT.

27. págs. 82-83: “*Explorines*”, concurso 2009 ejecutado por el programa Explora de CONICYT.

28. págs. 84-85: “*Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología*”, actividad anual liderada y financiada por el programa Explora de CONICYT .

### **IMPACTO POLÍTICO**

29. págs. 86-87: “*Protección de la competitividad de los productos mineros de Chile: antecedentes básicos y criterios para la regulación del arsénico*”, proyecto liderado por Ana María Sancha de la Universidad de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

30. págs. 88-89: “*Reclutamiento, manejo y trasplante de juveniles, repoblación y unidades poblacionales de concholepas concholepas en Chile central*”, proyecto liderado por Juan Carlos Castilla de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por Fondecyt de CONICYT.

### **IMPACTO EDUCACIONAL**

31. págs. 90-91: “*Reformulación de las pruebas de selección a la educación superior*”, proyecto liderado por David Bravo de la Universidad de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

32. págs. 92-93: “*Tus competencias en ciencias*”, concurso de proyectos desarrollados por CONICYT a partir del año 2007, liderado y financiado por el programa Explora.

33. págs. 94-95: “*Sistema de integración de objetos de aprendizaje como instrumento para dinamizar el desarrollo de aplicaciones de TIC en una estructura de educación*”, proyecto liderado por Fernando Santibáñez de la Universidad de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

34. págs. 96-97: “*Evaluación de un modelo de identificación y educación de escolares con talentos académicos para su transferencia a organismos educacionales en Chile y Latinoamérica*”, proyecto liderado por Violeta Arancibia de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

### **IMPACTO EN SALUD**

35. págs. 98-99: “*Generación de una vacuna recombinante contra el virus sincicial*”, proyecto liderado por Alexis Kalergis, de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por Fondef de CONICYT.

36. págs. 100-101: “*Rotavirus y Calicivirus humanos: avanzando en la identificación de factores asociados al patógeno y al hospedero que determinan susceptibilidad y severidad de infección en población chilena*”, proyecto liderado por Miguel O’Ryan de la Universidad de Chile y financiado por Fondecyt de CONICYT.

37. págs. 102-103: “*Investigación para terapias en cáncer gástrico y cáncer colorectal*”, proyecto liderado por Iván Mimica, en conjunto con la Universidad de Concepción y el Instituto Leloir, y financiado por el Consorcio Bicentenario de CONICYT.

38. págs. 104-105: “*Paractin TM: fortalecimiento y ampliación del mercado mundial*”, proyecto liderado por Juan Hancke de la Universidad Austral y financiado por Fondef de CONICYT.

39. págs. 106-107: “*Droga semi-sintética IDN 5706 para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer y trastornos cognitivos*”, proyecto liderado por Nibaldo Inestrosa de la Pontificia Universidad Católica de Chile y financiado por Fondef, Fondap, y Financiamiento Basal de CONICYT.

40. págs. 108-109: “*Productos terapéuticos para la disfunción eréctil e insuficiencia cardíaca a partir del veneno purificado de Latrodectus Mactans*”, proyecto liderado por Fernando Romero de la Universidad de la Frontera y financiado por Fondef de CONICYT.

#### **IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

41. págs. 110-111: “*Ballenas de Magallanes*”, proyecto liderado por Carlos Olavarría del Centro de Estudios del Cuaternario Fuego Patagonia y Antártica (CEQUA) y financiado por el Programa Regional de CONICYT.

42. págs. 112-113: “*Utilización de Brassica Napus para la producción de biodiesel: Desarrollo y optimización del proceso*”, proyecto liderado por Robinson Betancourt de la Universidad de la Frontera y financiado por Fondef de CONICYT.

43. págs. 114-115: “*Evaluación de recurso eólico en el norte chico de Chile para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica*”, proyecto liderado por Sonia Montecinos de la Universidad de la Serena y financiado por Programa Regional y Fondef de CONICYT.

#### **IMPACTO ORGANIZACIONAL**

44. págs. 116-117: “*Modelo de mejoramiento de competitividad basado en la calidad de vida laboral*”, proyecto liderado por Ana María Roa de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y financiado por Fondef de CONICYT.

45. págs. 118-119: “*Herramientas para la gestión de pabellones quirúrgicos y de sus recursos asociados*”, proyecto liderado por Francisco Javier Ramis de la Universidad del Bío Bío y financiado por Fondef de CONICYT.

#### **IMPACTO SIMBÓLICO**

46. págs. 120-121: Este caso no corresponde a un proyecto en particular. Refiere más bien a proyectos, acciones e iniciativas impulsadas por CONICYT durante el último tiempo para el desarrollo de la astronomía en Chile.

## **FOTOGRAFÍAS**

- Álvaro de la Fuente: página 108
- Archivo Copesa: páginas 90 y 96
- Archivo El Mercurio: páginas 56, 60, 68, 78, 100, 112 y 118
- Archivo Verde: página 62
- Carabineros de Chile: página 72
- Cecs: página 48
- Cequa: página 110
- Cetam: página 54
- Claudio Pérez: páginas 36, 40 y 106
- Archivo fotográfico Codelco: página 64
- Conicyt: página 94
- Conicyt / Explora: páginas 82 y 84
- Dr. Felipe Caroca M: página 104
- Endesa Chile: página 114
- Fia: página 7
- Inia / Carillanca: página 74
- Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral: página 50
- Instituto de Ecología y Biodiversidad  
Universidad de Chile: página 30
- Javier Godoy: página 116
- Macarena Balcells: página 88
- Mineduc / Simce: página 96
- Mineduc / Unesco: página 92
- Museo Histórico Nacional: páginas 32 y 38
- Pablo Álvarez: páginas 42, 70 y 102
- Pedro Ibáñez: páginas 34, 58, 80, 86 y 120
- SenCorp: página 44
- Universidad de Chile: página 46
- Usach / Zañartu: página 52
- Víctor Rojas: página 66





Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica  
CONICYT

Canadá 308, Providencia, Santiago  
Teléfono: (56 - 2) 365 44 00  
Fax: (56 - 2) 655 13 96

[www.conicyt.cl](http://www.conicyt.cl)