

# ANÁLISIS Y PROYECCIONES DE LA CIENCIA CHILENA 2005

Editores: Jorge E. Allende, Jorge Babul,  
Servet Martínez, Tito Ureta

Academia Chilena de Ciencias  
Consejo de Sociedades Científicas de Chile  
Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología CONICYT

*Editores*

Jorge E. Allende, Jorge Babul, Servet Martínez, Tito Ureta

*Coordinación Editorial*

Marcela Reyes Azancot

*Patrocinantes*

Academia Chilena de Ciencias

Consejo de Sociedades Científicas de Chile

Programa Bicentenario de Ciencias y Tecnología, CONICYT

\*Academia Chilena de Ciencias

Santiago de Chile

Editado por Academia Chilena de Ciencias

Almirante Montt 454 – Teléfono 664 10 30 - 685 44 15

Email: [academiachilenadeciencias@entelchile.net](mailto:academiachilenadeciencias@entelchile.net)

[www.academia-ciencias.cl](http://www.academia-ciencias.cl)

Santiago de Chile

Derechos reservados

Inscripción N° 152.489

Impreso en los Talleres de GráficoAndes®

Santo Domingo 4593

Santiago de Chile

# Ciencias Ambientales

## Diagnóstico y mirada hacia el futuro

Mary T. Kalin Arroyo (*Coordinadora*), Juan Armesto, Francisco Bozinovic, Lohengrin Cavieres, Julio Gutiérrez, Claudio Latorre, Pablo Marquet, Doris Soto y Francisco Squeo

**Resumen-** Las Ciencias Ambientales constituyen *el conjunto de disciplinas que proveen información sobre los sistemas físicos, biológicos y sociales que constituyen la biosfera y que determinan su dinámica a diferentes escalas espaciales y temporales*. Estas disciplinas revisten particular importancia en Chile por su alta diversidad de ecosistemas, climas y fisiografía y alto número de especies endémicas, producto de su condición de isla biogeográfica. Una parte importante del territorio chileno es uno de los 25 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad mundial. Además, los ingresos del país se sustentan en gran medida en sus recursos naturales y belleza paisajística. Este documento presenta un análisis cuantitativo y cualitativo del estado actual de las Ciencias Ambientales en Chile y su comparación con las cifras del quinquenio precedente.

El Directorio de Científicos Activos en Ciencias Ambientales para 2004 contiene 170 investigadores (8% del total de científicos nacionales), en comparación con 102 en 1997. Cuarenta son menores de 40 años y 80% (136 investigadores) tienen el grado de Doctor (50% graduados en universidades chilenas); 22 poseen el grado de Magíster. Esto contrasta con el Directorio de 1997, donde solo 7 investigadores habían recibido su doctorado en Chile. Un 27% han realizado posdoctorados en Chile o el extranjero. La representación femenina entre los investigadores activos es aún baja en comparación con Europa (25 vs 43% respectivamente). En las subdisciplinas Ecología y Ciencias Animales, los investigadores de sexo masculino alcanzan a 83% y 88% respectivamente.

Los investigadores activos pertenecen a 20 universidades y otras instituciones (privadas, del Estado y ONGs). La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) no registra ningún científico activo en Ciencias Ambientales. Dos tercios de los investigadores se concentran en cuatro universidades (Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Universidad Austral y Universidad Católica). Un 80% de investigadores reside en tres Regiones del país. Las Regiones del norte de Chile son las más carentes de científicos calificados. Las Ciencias Vegetales y Ecología presentaron el mayor número de investigadores (25,9% y 24,1% del universo). Hay menos doctores en Botánica, Entomología y Limnología respecto a la tendencia general de la disciplina. La Ecología de Comunidades y Ecosistemas parece ser la línea de investigación preferente, seguida por Sistemática, Fisiología y Ecofisiología Vegetal. Se nota un incipiente desarrollo de las áreas de Contaminación y Toxicología, Paleoecología, Conservación de la Biodiversidad, Genética Evolutiva y Genética de Poblaciones.

Los 170 investigadores activos publicaron 819 trabajos en 272 revistas ISI, además de 247 capítulos en libros y 50 libros y monografías. En comparación con el sexenio 1987-1992 la productividad aumentó en 90,4%. Las Ciencias Ambientales, contribuyeron con 6,3% de los trabajos ISI del país en el quinquenio. Las Ciencias Ambientales de Chile se ubican en el lugar 24 entre 142 países del mundo en relación al número de artículos *per capita*, una posición similar a algunos países desarrollados de Europa. Cerca de 100 de los 819 trabajos cuentan con citas suficientes como para ubicarlos en el 10% superior de la disciplina.

Los aportes económicos del Estado a las Ciencias Ambientales aumentaron desde US M\$ 4,0 en 2000 a US M\$ 7,3 en 2004. El financiamiento internacional se ha mantenido entre US M\$ 2,1 y 2,6. Un tercio del financiamiento nacional, excluidas fuentes privadas, lo proporciona FONDECYT. Es notable la ausencia casi total del sector privado en el financiamiento de la investigación en Ciencias

Ambientales en Chile, en un período en que el medio ambiente es un tema de relevancia nacional. Cuatro universidades tradicionales capitalizan 72% de los recursos en Ciencias Ambientales. Para 2002, año para el cual existen datos desglosados, los fondos asignados a la disciplina representan apenas 2% del total de fondos estatales dedicados a Investigación y Desarrollo.

Algunos logros destacables del período son: a) la conservación de 68.000 ha de ecosistemas subantárticos en terrenos privados de Tierra del Fuego, b) el Programa Sectorial en la II Región para avanzar el conocimiento de ecosistemas y biodiversidad, c) la participación de científicos del área ambiental en el Catastro Vegetacional de Chile, d) el Libro Rojo de la Flora de la IV Región, e) el primer diagnóstico de biodiversidad chilena, y e) tres nuevas estaciones de campo para investigación. Se puede afirmar que las Ciencias Ambientales han tenido una creciente participación en la educación ambiental a lo largo del país y protagonismo científico a nivel nacional e internacional.

Para que las Ciencias Ambientales contribuyan de manera decisiva al desarrollo del país en las próximas décadas, nos parece necesario avanzar en: a) mayor reconocimiento del Estado al papel fundamental de las ciencias ambientales en el desarrollo socio-económico del país; b) una inversión en formación y ciencia 3 a 4 veces mayor que la actual para alcanzar el nivel de productividad científica *per capita* de países desarrollados de similar tamaño y nivel de dependencia de sus recursos biológicos y servicios ecosistémicos; c) un inventario biológico del país, el cual debe ser la base fundamental para las áreas de investigación avanzada y el cumplimiento de las metas ambientales del país; d) un programa de fondos para sitios de estudio permanentes en el campo (estaciones biológicas), infraestructura y equipamiento de laboratorios en terreno, que permitan monitorear las tendencias climáticas, las respuestas de los ecosistemas y predecir condiciones futuras; y e) contar con mediciones del impacto de las publicaciones útiles para los encargados de la conservación, manejo y uso de los recursos naturales en el país.

## 1. Introducción

Las Ciencias Ambientales constituyen *el conjunto de disciplinas que proveen información sobre los sistemas físicos, biológicos y sociales que constituyen la biosfera y que determinan su dinámica a diferentes escalas espaciales y temporales*. Entre las áreas disciplinarias que proveen marcos conceptuales y empíricos que alimentan a las ciencias ambientales deben considerarse disciplinas como la sistemática, la paleoecología, la ecología de poblaciones, comunidades y ecosistemas, la ecofisiología, la ecología evolutiva, la genética, la microbiología, la biogeografía, la biología de la conservación, entre otras. Desde una perspectiva más aplicada, son relevantes áreas como contaminación y toxicología, manejo de recursos naturales, biotecnología ambiental, entre otras. Sólo en un contexto multidisciplinario es posible dar respuesta satisfactoria a muchas interrogantes actuales relacionadas con el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas; como por ejemplo los efectos de los gases invernadero sobre el ecosistema global, efectos de los cambios climáticos globales, las consecuencias funcionales de la fragmentación de hábitats, la extinción de especies, y la restauración de ecosistemas perturbados.

Chile se caracteriza por una alta diversidad de ecosistemas y especies endémicas, producto de su condición de isla biogeográfica, y variados climas y fisiografía. Una parte importante del territorio chileno es reconocido como uno de los 25 "Hotspots" mundiales de biodiversidad. Esas características del país hacen indispensable la existencia de un conjunto de científicos activos altamente calificados y cohesionados en las distintas disciplinas de las ciencias ambientales, a la vez que ofrece un medio interesante para estudios comparativos y conceptuales. Los desafíos para Chile en el ámbito de las Ciencias Ambientales, en este período de su historia que corresponde a su condición de país emergente, son enormes. Además de contribuir a la ciencia de punta, al conocimiento básico, y publicar trabajos científicos de alta calidad internacional, los científicos de esta disciplina deben contribuir al manejo sustentable de los recursos y a la conservación de la biodiversidad, y proponer soluciones a los múltiples problemas medioambientales del país. Al respecto, aún cuando el último informe OECD (Organization for

Economic Co-operation and Development) (2005)<sup>1</sup> sobre Chile reconoce un avance importante en el medioambiente, entre otras cosas sostiene que *“the protection of nature has so far not been given enough emphasis ... the country’s species, their conservation status and the functioning of Chile’s ecosystems remain insufficiently unknown... government policies do not adequately acknowledge the value of nature as a vital asset to the tourism industry... only limited progress has been made so far in integrating biodiversity considerations in water management”* – todo ello en un momento en el cual el recién completado “Millennium Assessment”<sup>2</sup>, concluye que el mundo experimenta cambios ambientales de magnitudes y tasas nunca antes vistas.

El capítulo de Ciencias Ambientales (Fuentes et al., 1993) del estudio *“Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena”*, publicado por la Academia de Ciencias del Instituto de Chile con el patrocinio de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), incluyó una síntesis histórica del desarrollo de las Ciencias Ambientales hasta esa fecha. Sin embargo, desde esa fecha, la relevancia de este conjunto disciplinario en el contexto nacional ha crecido notablemente. Esta progresión se refleja tanto en la mayor capacidad profesional de los exponentes de las diferentes disciplinas que imparten formación de posgrado y posdoctorado, una expansión del número de grupos de investigación a lo largo del país, una productividad científica más amplia en cuanto a la complejidad y diversidad de las temáticas abordadas así como rigurosidad del tratamiento experimental y teórico. A ello se suma un creciente protagonismo y reconocimiento internacional de sus miembros. Sin embargo, no existe un análisis crítico de las tendencias de la última década en lo que se refiere a las fortalezas y debilidades de las Ciencias Ambientales.

En el presente documento se desarrolla un análisis cuantitativo y cualitativo del estado actual de las Ciencias Ambientales en Chile. Los objetivos principales del estudio son: (1) analizar la capacidad científica instalada del país; (2) evaluar la productividad científica; (3) estimar los aportes de fondos destinados a esta disciplina y sus necesidades a futuro; (4) presentar el progreso en cuanto a la formación de recursos humanos y el desarrollo de sociedades científicas; (5) evaluar el Directorio de Científicos Activos cuya última versión fue publicada en 1997. Luego de presentar los avances, intentaremos evaluar la situación actual de las ciencias ambientales en el contexto internacional. El trabajo finaliza con un resumen de las principales conclusiones y algunas recomendaciones de índole general. Este estudio se limita a la investigación en ecosistemas terrestres (incluyendo aguas continentales). Quedan excluidas, por decisión de la Academia, las disciplinas Geografía, Geología y Ciencias del Mar, puesto que forman parte de otros capítulos, salvo en algunos donde los investigadores realizan trabajos en más de un disciplina.

## 2. Metodología

Para conocer las tendencias en la productividad del área de Ciencias Ambientales y la nómina del Directorio de Ciencias Ambientales, se consideró la productividad científica de los años 2000 a 2004. Lógicamente, al considerar solamente estos años, se está subestimando la productividad total acumulada desde el primer análisis en 1993. Sin embargo, se consideró que cinco años eran suficientes como para detectar las grandes tendencias. Respecto al período intermedio, haremos referencia a algunos trabajos claves e iniciativas importantes en el país en la sección sobre productividad.

Para determinar la nómina de los científicos, el Subcomité de Ciencias Ambientales, en abril de 2005, procedió a definir el perfil de “Investigador Activo”. Se optaron por criterios objetivos y aplicables a las bases de datos disponibles (Observatorio de CONICYT, ISI Web of Science) y a la información adicional recopilada por el subcomité de los investigadores durante el proceso.

---

<sup>1</sup> [http://www.oecd.org/document/32/0,2340,en\\_2649\\_33713\\_34856224\\_1\\_1\\_1\\_1.00.html](http://www.oecd.org/document/32/0,2340,en_2649_33713_34856224_1_1_1_1.00.html)

<sup>2</sup> [www.millenniumassessment.org/](http://www.millenniumassessment.org/)

El Subcomité de Ciencias Ambientales estableció tres modalidades para la inclusión en el Directorio de científicos activos: (1) Haber publicado un mínimo de 3 publicaciones en revistas ISI durante el intervalo 2000-2004; (2) haber publicado 2 trabajos en revistas ISI y tener dos trabajos publicados en revistas incluidas en Scielo (no-ISI); (3) haber publicado 1 trabajo en una revista ISI y 4 trabajos en revistas Scielo. Los trabajos aceptados o en prensa en el período no fueron considerados. Las condiciones básicas podrían modificarse de la siguiente forma. Un capítulo de libro publicado en un editorial internacional se consideró el equivalente a un trabajo ISI, hasta un máximo de 2 del total de 3 trabajos ISI. De la misma forma, un capítulo de libro publicado en una editorial nacional se consideró equivalente a un trabajo publicado en una revista Scielo (no-ISI) hasta un máximo de 2 del total de 3 trabajos ISI. Además, se dio crédito a los libros editados y publicados de acuerdo con su contenido, extensión, y editorial.

Salvo algunas excepciones de investigadores con cargo estable, las personas sin grado de doctor (por ejemplo, los estudiantes de doctorado) no fueron incluidas. Asimismo, las personas que se doctoraron en el año 2004 sin iniciar sus estudios posdoctorales o ganar un cargo académico en dicho año, tampoco fueron incluidas. Con respecto a las personas recientemente doctoradas, el número de trabajos ISI requeridos se ajustaron de acuerdo con el número de años desde la obtención del grado.

En abril de 2005 se confeccionó una lista preliminar de todos los investigadores vinculados con la Ciencias Ambientales apoyándonos en las listas de socios activos de las Sociedad de Biología de Chile, la Sociedad de Ecología de Chile, la Sociedad de Botánica de Chile, la Sociedad de Entomología de Chile, la nómina de personas en Ciencias Ambientales en el Observatorio de CONICYT, y personas adicionales que fueron pesquisadas en páginas Web de instituciones de investigación y universidades a lo largo del país. Finalmente, se revisó la lista de personas incluidas en el Directorio de 1996-1997.

Para cada persona en la lista maestra, se consultó el ISI Web of Science con el objetivo de verificar la acreditación de por lo menos un (1) trabajo ISI publicado en el quinquenio 2000-2004, extrayendo a su vez la referencia completa de la totalidad de los trabajos ISI para cada persona en una base de datos. Concomitantemente, se recuperaron todas las publicaciones de la base de datos Scielo para los integrantes de la lista maestra. Para complementar la información sobre productividad, y obtener información anexa sobre el nivel de formación, edad, etc, se diseñó una encuesta que fue enviada electrónicamente a personas que acreditaron por lo menos 1 trabajo ISI en el período. Se revisó la totalidad de los antecedentes enviados, verificando la información obtenida en el ISI Web of Science para los trabajos ISI, Scielo-no-ISI, e ingresando a la base de datos los capítulos de libros y libros de cada persona. Se excluyeron todas las actas a congresos. Para las personas que no contestaron la encuesta, consultamos las páginas Web de sus respectivas instituciones para obtener información sobre capítulos de libros y libros que no están disponibles en ISI Web of Science y Scielo. Finalmente, la lista preliminar de nombres, junto con los criterios, fueron publicados en la Web por la Academia de Ciencias a finales de Agosto-principios de Septiembre 2005, donde se solicitó a la comunidad que enviara sus antecedentes en los casos justificados, y que hiciera cualquiera otra observación pertinente. Finalizados los chequeos de rigor, se determinó la composición del Directorio al 10 de septiembre de 2005.

Se analizó la productividad del universo total de investigadores, de las áreas de investigación y a nivel individual. Para el análisis de la productividad se obtuvo el número de citas en ISI Web of Science para los trabajos ISI, Scielo No-ISI, capítulos de libro y libros publicados en el quinquenio. Se registraron todas las citas ISI en un período de una semana para asegurar que los datos para cada investigador fuesen comparables y para evitar sesgos. En forma complementaria se obtuvo el Índice de Impacto de cada revista ISI representada en la productividad de los miembros incluidos en el Directorio.

Para establecer el nivel de financiamiento para las actividades de investigación en Ciencias Ambientales en Chile en el quinquenio 2000-2004 se utilizaron las siguientes fuentes de información: (1)



Las bases de datos de FONDECYT, FONDEF y FIA disponibles en Internet; (2) información proporcionada por las direcciones de investigación de las universidades; (3) información proporcionada por los investigadores (en sus currículos, encuestas o por consulta directa telefónica). La base de datos resultante posee 527 registros, de los cuales 452 poseen la información de monto asignado al proyecto. Los campos en esta base de datos contienen la siguiente información: a) investigador en la lista de Ciencias Ambientales; b) institución asociada al proyecto; c) fuente de financiamiento; d) nombre del investigador; e) datos de la fuente de financiamiento (número de proyecto); f) título del proyecto; g) año de inicio y término del proyecto; h) monto total del proyecto; i) monto anual del proyecto; j) montos en los años 2000 al 2004; k) monto total en el período 2000-2004. Para todos los análisis se usó la afiliación de los científicos en el período 2000-2004.

La información sobre pre y posgrado y de las sociedades científicas se obtuvo de diversas fuentes, incluyendo consultas directas y bases de datos electrónicas en la Web (e.g., del Consejo de Rectores<sup>3</sup>).

### 3. Características de los investigadores e instituciones

#### 3.1. Formación de posgrado y nacionalidad

El Directorio de Científicos Activos en Ciencias Ambientales para 2004 incluye 170 investigadores, en comparación con 102 en 1997 (Allende y Ureta, 1997). Este número subestima el número real de investigadores que realizan investigación en medioambiente en Chile. Adicionalmente, existen investigadores en las disciplinas de Química, Ciencias de la Tierra, Agronomía y Ciencias Forestales que realizan trabajo con relevancia a las Ciencias Ambientales, quienes por su orientación principal están incluidas en los Directorios respectivos. Más de la mitad de los investigadores son nuevos: corresponden a científicos establecidos que han logrado publicar en revistas ISI en los últimos años, científicos jóvenes de una nueva generación y seguramente algunos que quedaron fuera del Directorio anterior por omisión involuntaria. Hay que señalar que la definición del Directorio de Ciencias Ambientales fue más acotada para este período con respecto al anterior, por lo que varias personas que figuraban en Ciencias Ambientales en el estudio anterior se ubican solamente en otros Directorios (por ejemplo Ciencias del Mar, Ciencias de la Tierra). Cuarenta de los científicos nuevos tienen 40 años o menos, lo que indica una fuerte renovación de la planta de investigadores en Ciencias Ambientales. Considerando un universo de 2.133 científicos activos para todas las disciplinas en el período (Allende et al., este volumen), se llega a la conclusión que las Ciencias Ambientales aportan 8% de los científicos activos de Chile.

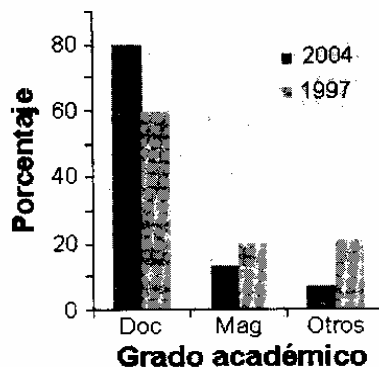


Figura 14.1. Número de investigadores activos en Ciencias Ambientales con grado de Doctor (Doc), Magíster (Mag). N = 170 (2004); N = 96 (1997). Datos para 1997 de Allende & Ureta (eds.) 1997, página 197.

<sup>3</sup> <http://www.consejodirectores.cl/>

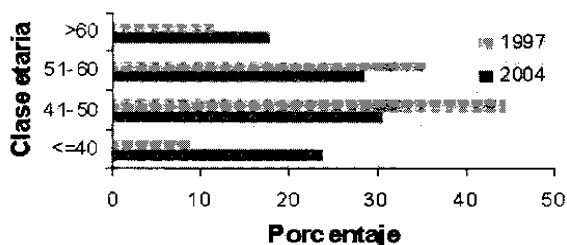
Entre los 170 científicos del Directorio, 136 investigadores tienen el grado de Doctor (80,0%), 22 el grado de Magíster (13,0%) y 12 (7,1%) poseen una licenciatura o un título profesional (Fig. 14.1), lo que significa un aumento del 20% en los doctores en comparación con 1997. En términos absolutos, se trata de un aumento de 79 doctores en el Directorio de Ciencias Ambientales. Aunque la gran mayoría de los investigadores es chilena, destaca que 11 extranjeros, principalmente de otros países de América Latina, encuentran en Chile un lugar adecuado para desarrollar sus carreras científicas.

Sesenta y siete doctores (49,3%) obtuvieron su grado en Chile, 36 (27,2%) en Europa, 30 (22,1%) en USA, 1 en Argentina (0,7%) y 1 en Nueva Zelanda (0,7%). Esto contrasta con el Directorio de 1997, en donde solamente siete investigadores habían recibido su doctorado en Chile, y muestra que los programas de posgrado en Chile han tenido un fuerte impacto en la formación de investigadores en Ciencias Ambientales. Este efecto es aun más notorio al agregar las maestrías, donde 15 magísteres (68,2%) obtuvieron su grado en Chile y sólo 4 (18,2%) en USA y 3 (13,6%) en Europa. Cuarenta y seis de los doctores tienen además un posdoctorado o están actualmente en el proceso de adquirir entrenamiento posdoctoral (33,8% del total de doctores o 27% del Directorio). Veintiocho investigadores hicieron su posdoctorado en Chile (60,9%), 13 en USA (28,3%) y 5 en Europa (10,9%), lo que implica una gran diversidad de experiencias.

El Subcomité de Ciencias Ambientales reconoce explícitamente a los siguientes investigadores por su dedicación a labores de gran importancia para la disciplina: Alberto Veloso, Universidad de Chile; Jose Yañez, Museo Nacional de Historia Natural y Francisco Saenz, Pontificia Universidad Católica. Asimismo, queremos recordar a quienes dejaron de estar con nosotros en el quinquenio, los destacados científicos, maestros y pioneros: Edmundo Pisano de la Universidad de Magallanes y del Instituto de la Patagonia, Patricio Sánchez de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y Hugo Campos de la Universidad Austral de Chile. Cada uno dejó su vasto legado en la ciencia chilena empírica y teórica.

### 3.2. Género y distribución por edades de los investigadores

Del universo de 170 investigadores 25,3% (43) son mujeres, lo que se traduce en un aumento con respecto a 1997 (19,6%). Este porcentaje es similar al encontrado para los investigadores de Ciencias del Mar (Castilla et al., este volumen). Respecto a los países desarrollados, Handelsman et al., (2005) indica que para Estados Unidos, 30,2% de los científicos con cargo de profesor asistente en Ciencias Biológicas son mujeres, sin embargo, con reducciones significativas en las categorías superiores. En Europa, 43% de los académicos en las Ciencias Naturales son mujeres<sup>4</sup>.



Para el análisis de la estructura por edades se definieron las siguientes clases: <= 40 años, 41-50 años, 51-60 años, > 60 años (Fig. 14.2). Las clases más representadas en la actualidad son entre 41-50 años con 50 investigadores (30,1%) y entre 51-60 años con 47 investigadores (28,3%). De los 39 investigadores en

<sup>4</sup> [http://europa.eu.int/comm/research/science-society/women-science/women-science\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/science-society/women-science/women-science_en.html).



la clase  $\leq 40$  años (23,5%), 17 tienen 35 años o menos. Al otro extremo, de los 30 investigadores con más de 60 años (18,1%), 15 tienen 65 años o más y 5 más de 70 años. La distribución por edades de los investigadores femeninos y masculinos es muy parecida, por lo que no se muestra separadamente. La mediana de la edad de los 166 investigadores, para los cuales se dispone de la información pertinente, es 49 años, lo que muestra que en esta disciplina hay un porcentaje bastante importante de gente relativamente joven.

Sin embargo, comparado con el Directorio de 1997 (Fig. 14.2), se observa un aumento notable en la proporción de científicos en el intervalo más joven, y a la vez, proporcionalmente menos científicos en las clases intermedias. Asimismo, en la década en estudio, permanecieron activos proporcionalmente más científicos en el grupo  $> 60$  años.

Institución	N° de investigadores	Porcentaje
Universidad de Chile	39	23,1
Universidad de Concepción	35	20,7
Universidad Austral de Chile	23	13,5
Pontificia Universidad Católica de Chile	16	9,5
Universidad de La Serena	7	4,1
Universidad de Talca	5	2,9
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias	4	2,4
Universidad de Valparaíso	4	2,4
Universidad de Magallanes	4	2,4
Museo Nacional de Historia Natural	3	1,8
Universidad Católica de Temuco	3	1,8
Universidad de Los Lagos	3	1,8
Universidad Católica de Norte	3	1,8
Universidad Católica de Valparaíso	3	1,8
Centro de Ecología Aplicada	2	1,2
Fundación Senda Darwin	2	1,2
Universidad Central	2	1,2
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación	2	1,2
Universidad de Santiago	2	1,2
Centro de Investigación Metalúrgica y Minera	1	0,6
Servicio Agrícola Ganadero	1	0,6
Universidad Católica de Concepción	1	0,6
Universidad de la Frontera	1	0,6
Universidad Nacional Andrés Bello	1	0,6
Universidad de Santo Tomás	1	0,6
Universidad de Tarapacá	1	0,6

\* 1 investigador adicional actualmente realiza sus estudios de posdoctorado en EEUU

### 3.3. Instituciones

Los investigadores activos en ciencias ambientales pertenecen a 26 instituciones entre las cuales figuran 20 universidades (Tabla 14.1). En comparación con 1997, hay siete nuevas universidades, indicando una expansión interesante de cobertura. Las nuevas universidades son principalmente

establecimientos privados en Santiago y en regiones (por ejemplo la Universidad de Talca). La Universidad de Chile sigue siendo la que alberga el mayor número de investigadores en ciencias ambientales, seguida por la Universidad de Concepción; luego aparecen dos universidades con dotaciones similares: la Universidad Austral de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile (Tabla 14.1). Esas cuatro universidades tradicionales (2 del sur y 2 de la Región Metropolitana) hoy día albergan alrededor de dos tercios de los investigadores activos en ciencias ambientales. Dos universidades regionales (Universidad de La Serena y Universidad de Talca) tienen 5 o más, pero menos de 10 investigadores. Todas las otras universidades e institutos estatales y privados representados cuentan con menos de 5 investigadores activos.

Un número reducido de investigadores trabajan en entidades privadas u ONGs: Centro de Investigación Metalúrgica y Minera (CIMM), Centro de Ecología Aplicada (CEA), Fundación Senda Darwin (FSD) y en los Servicios e Institutos del Estado (SAG, INIA). El total de investigadores en los Servicios del Estado, según los criterios empleados en este estudio, no sobrepasan el 3% del universo. La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) no registra algún científico activo en Ciencias Ambientales.

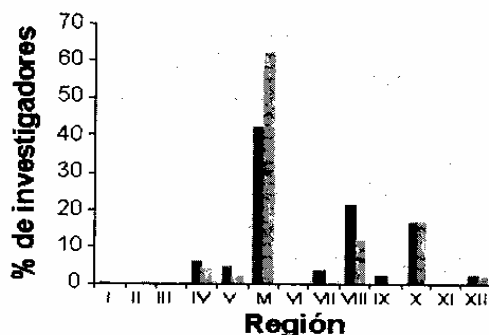


Figura 14.3. Número de investigaciones en Ciencias Ambientales por Región de Chile. N = 170 (2004). Datos para 1997 de Allende & Ureta (eds.) 1997, página 197.

Con dos tercios de los investigadores concentrados en cuatro universidades, no es sorprendente que la distribución de los investigadores por región siga siendo muy desequilibrada. El mayor porcentaje de los investigadores se encuentra en la Región Metropolitana (42,4%), luego están la VIII y X Región con 21,2% y 16,5%, respectivamente. Es decir, en estas tres regiones se concentra más de 80% de todos los investigadores activos en ciencias ambientales. No obstante, la situación ha mejorado ostensiblemente desde 1997 cuando 61% de los investigadores trabajaban en instituciones en Santiago (Fig. 14.3); y es especialmente notable el aumento de investigadores activos de la Universidad de Concepción. Destaca también, que la XII Región en el extremo sur del país cuenta con un pequeño núcleo de investigadores. Por otra parte, es preocupante que en la zona norte del país, sólo una región (IV) registra un número importante de investigadores (10; 5,9%). Más aún, hay cuatro regiones (II, III, VI, y XI) que no cuentan con investigadores activos en ciencias ambientales según los criterios empleados en este estudio.

### 3.4. Subdisciplinas

La gran heterogeneidad de las ciencias ambientales dificultó mucho el análisis de las subdisciplinas, pues bajo el paraguas Ciencias Ambientales, se encuentran varias *disciplinas* diferentes (acá el equivalente a las subdisciplinas), como las Ciencias Vegetales (incluyendo Fisiología y Ecofisiología, Sistemática, etc.), Ciencias Animales (idem anterior), Ecología, Genética, etc. Las respuestas a las encuestas no

resultaron satisfactorias en cuanto a la definición de subdisciplinas y áreas de investigación, por lo que optamos por asignar cada investigador a una subdisciplina principal, y luego a un área principal de investigación. Para la subdisciplinas se tomó en cuenta el título de posgrado y la orientación del Departamento académico del investigador. Para las áreas de investigación se examinaron las publicaciones ISI de cada investigador, seleccionando el área que más prevalece entre las publicaciones; desde luego ninguna clasificación de esta naturaleza es perfecta. Es decir, los resultados sólo sirven para vislumbrar las tendencias más generales en el universo de investigadores.

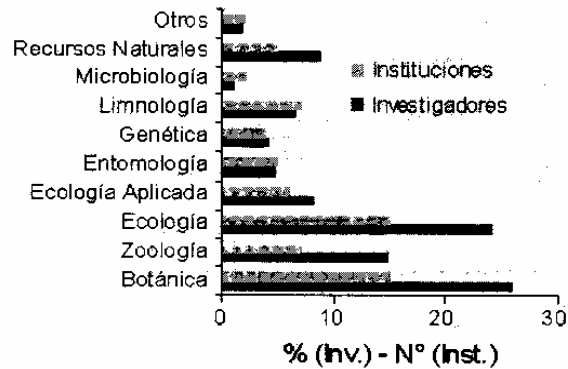


Figura 14.4. Porcentaje del total de investigadores activos en Ciencias Ambientales en cada subdisciplina y número de instituciones que desarrolla investigación en cada subdisciplina. N = 170 investigadores.

La Fig. 14.4 indica que las subdisciplinas de Ciencias Ambientales siguen con un patrón de desarrollo dispar, tal como fue detectado en 1997; además se detectaron diferencias en la formación a nivel de posgrado y representación de las mujeres entre las subdisciplinas. Las Ciencias Vegetales y Ecología son las más desarrolladas en cuanto a investigadores activos (25,9% y 24,1% del universo de los investigadores respectivamente) seguido por Ciencias Animales con 14,7%. Al sumar la Ecología Aplicada (con 8,2% de los investigadores) a la categoría Ecología, la Ecología *sensu lato* sería la subdisciplina con más investigadores en Ciencias Ambientales, al igual que en el estudio de 1997. En cuanto a género, en la subdisciplina de la Ecología el porcentaje de investigadores masculinos alcanza a 82,9%, mientras que en Ciencias Animales es de 88%. En Recursos Naturales no hay representación de investigadoras en este momento. En Ecología Aplicada el porcentaje del sexo masculino es representativo de la tendencia general, en tanto que en las demás subdisciplinas es por sobre 80%. En las demás subdisciplinas estos valores son más equilibrados. En cuanto a formación académica, hay menos doctores en Botánica, Entomología y Limnología (< 60%) respecto a la tendencia general de la disciplina.

En cuanto a distribución en el país, botánicos y ecólogos están repartidos en 15 instituciones respectivamente, que es un número muy superior al observado en las demás subdisciplinas. La Genética, Entomología, y Microbiología son más restringidas en cuanto a cobertura. La gran mayoría de los ecólogos, botánicos y zoólogos trabaja en cuatro instituciones: Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Chile, Universidad Austral de Chile y Universidad de Concepción. Por otra parte, en la subdisciplina de Entomología (4,7% de investigadores) la mayoría pertenece a la Universidad de Concepción y Universidad de Talca. Un número alto de personas que trabaja en Recursos Naturales (8,8% de los investigadores) se encuentra en la Universidad Austral, en tanto que la Universidad de Concepción alberga un gran número de investigadores en Ecología Aplicada, situación que se relaciona con el desarrollo del EULA. En la misma línea, los investigadores de la subdisciplina Genética (4,1% de los investigadores) se reparten en varias instituciones del país, pero la que posee mayor cantidad es la Universidad de Chile. Por otra parte, los investigadores dedicados al estudio de sistemas dulceacuícolas,

como es la Limnología, representan 6,5 % del total de los investigadores en ciencias ambientales; se concentran en tres instituciones, Universidad de Concepción, Universidad de Chile y Universidad Austral. Los microbiólogos (1,2%) se restringen a dos instituciones.

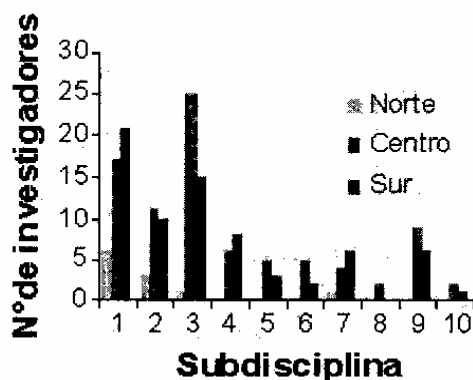


Figura 14.5. Número de investigadores por subdisciplina en el Norte (I-IV Regiones), Centro (V-VI, M Regiones) y Sur (VIII-XII) de Chile. 1) Ciencias Vegetales; 2) Ciencias Animales; 3) Ecología; 4) Ecología Aplicada; 5) Entomología; 6) Genética; 7) Limnología; 8) Microbiología; 9) Recursos Naturales; 10) Otros.

La Fig. 14.5. muestra el panorama actual para el Norte, Centro y Sur del país. Con pocas excepciones (Botánica, Limnología) el número de investigadores por subdisciplina es mayor en el centro del país. En todas las subdisciplinas hay una ausencia total o un número mínimo de investigadores en el Norte en comparación con el Sur del país.

### 3.5. Áreas de investigación

Para una comunidad científica pequeña, destaca la gran diversidad de áreas de investigación en ciencias ambientales (Fig. 14.6). Sin embargo, el desarrollo de las áreas más aplicadas es claramente inferior en relación con las áreas básicas. La Ecología de Comunidades y Ecosistemas es la línea de investigación preferente, seguida por Sistemática, luego Fisiología y Ecofisiología Vegetal (19 a 31 investigadores). A la vez se nota un moderado desarrollo en las áreas de Contaminación y Toxicología, Paleoecología, Conservación de la Biodiversidad, Genética Evolutiva y Genética de Poblaciones (6-12 investigadores). Son escasos los investigadores cuyas principales líneas de investigación corresponden a las demás áreas de investigación (entre 1 y 5). Hay que destacar que las cifras para cada área son subestimaciones, pues hay un buen número de investigadores en más de un área de Ciencias Ambientales, situación que es típica en comunidades científicas pequeñas en donde los investigadores, junto con sus alumnos, tienden a incursionar constantemente en temas nuevos, no desarrollados en el país, además de trabajar en su propio tema.

Un área emergente para esta década es la ecología evolutiva, estimulada en gran parte por el desarrollo del programa de posgrado "Ecología y Biología Evolutiva" en la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Otra área en pleno desarrollo que ha logrado aprovechar con mucho éxito los variados climas y geografía de Chile, es la paleoecología. Una tercera área emergente es la genética y la sistemática molecular (repartida entre las áreas de Sistemática y Genética Evolutiva y de Poblaciones). Varios programas en ecología y sistemática han incorporado laboratorios y cursos en genética y filogenia molecular, abriendo con ello paso al conocimiento del patrimonio de recursos genéticos del país y a los estudios de los patrones de variabilidad genética de las poblaciones y sistemática molecular. En este ámbito, los ecosistemas chilenos, con su diversidad de escenarios históricos y ecológicos, representan un laboratorio natural aún escasamente aprovechado para entender la evolución de los linajes. Ecosistemas

nuevos, con incipientes procesos de diversificación biológica, contrastan con ecosistemas antiguos donde se encuentran refugiados linajes ancestrales que han sobrevivido intensos procesos de extinciones.

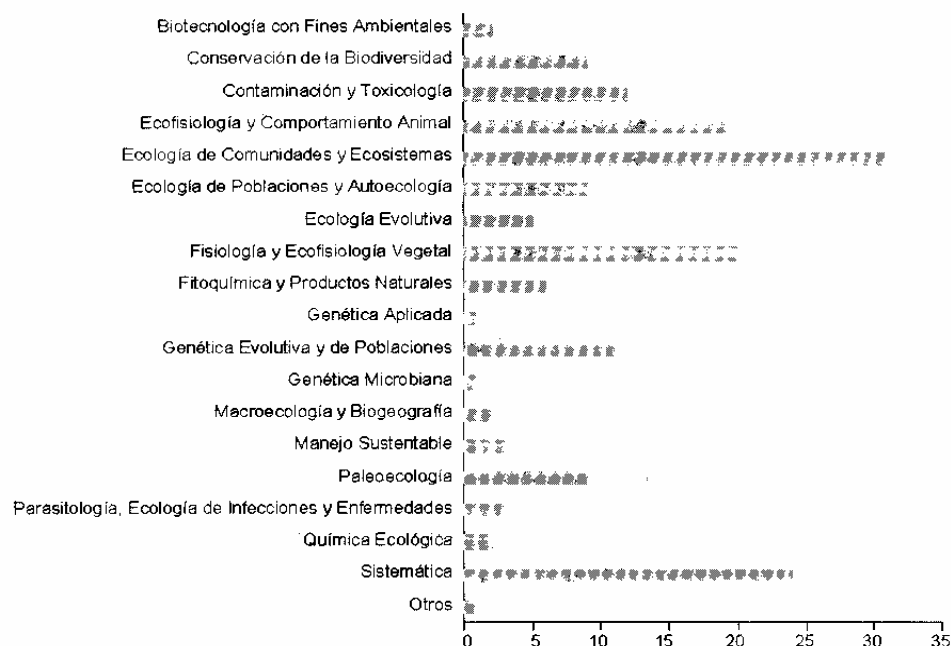


Figura 14.6. Número de investigadores activos en Ciencias Ambientales según el área principal de investigación de cada investigador. N = 170.

## 4. Productividad

### 4.1. Productividad global

Para el quinquenio 2000-2004, los 170 investigadores activos en ciencias ambientales publicaron 819 trabajos en revistas ISI, 121 trabajos en revistas Scielo (descontando las revistas Scielo que están en ISI), 99 capítulos en libros editados en el extranjero (cerca de 50% en editoriales de alto prestigio), y 148 capítulos de libros editados en Chile, sin contar trabajos aceptados o en prensa en cada caso. Adicionalmente, se han editado o escrito 50 libros y monografías, dando un total global de 1.237 artículos o libros científicos. La inclusión de trabajos aceptados en prensa habría aumentado considerablemente el número de trabajos ISI. Decidimos no incluir las publicaciones en esas categorías, pues ello obstaculizaría el desarrollo de indicadores objetivos para efectuar comparaciones futuras. A esta productividad principal se suma una buena cantidad de trabajos publicados en revistas internacionales y nacionales no-ISI y no-Scielo con comité editorial, no considerados en esta ocasión. En comparación con el diagnóstico de las Ciencias Ambientales para el sexenio 1987-1992 la productividad medida como publicaciones en revistas, ISI o no-ISI, varió de 492 a 940 mostrando un aumento de 90,4%. Los trabajos ISI de Ciencias Ambientales representan una contribución de 52,6 trabajos por millón de habitantes de Chile. El total de trabajos ISI publicados con dirección de Chile para los años 2000-2004 es de 13.038 (ISI Web of Science SCI Data base, September 2005). Consecuentemente, las ciencias ambientales, para el quinquenio, contribuyeron con el 6,3% de los trabajos ISI del país. Esta cifra subestima el aporte real de nuestra subdisciplina pues no toma en cuenta trabajos ISI adicionales publicados por nuestros alumnos de posgrado quienes, por los criterios de la Academia, no son elegibles para integrar el Directorio. Considerando que la investigación en Ciencias Ambientales depende fuertemente del trabajo en terreno y muestreos que frecuentemente deben repetirse a lo largo de varios años, naturalmente la tasa de maduración de los trabajos es más lenta que en las ciencias experimentales. Por, ello pensamos que la contribución de 6,3% de los artículos ISI es buena.

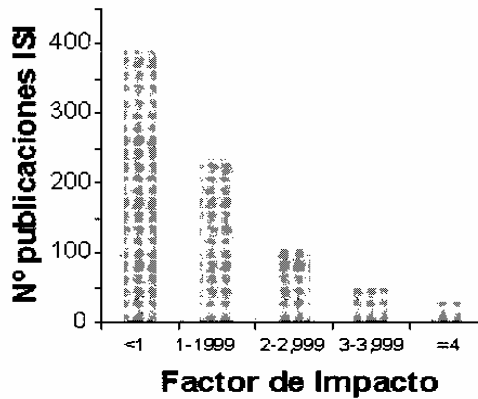


Figura 14.7. Distribución del Factor de Impacto (FI) de los trabajos publicados en revistas ISI en Ciencias Ambientales, 2000-2004. Basado en 810 trabajos ISI para los cuales el Factor de Impacto está construido.

La Fig. 14.7 presenta la distribución del Factor de Impacto (FI) para 810 de los 819 trabajos publicados en revistas ISI (restando 9 trabajos ISI para los cuales no se ha construido un índice de impacto a la fecha.). Sin considerar *Nature* y *Science*, con un FI que varió entre 29 y 31 en el momento del estudio, se publicaron trabajos en revistas en el rango 0,066 a 12,449. El valor de la mediana para el quinquenio es 1,013. Para comparación, el FI de la *Revista Chilena de Historia Natural* para 2002 fue 0,504, indicando que los científicos en Ciencias Ambientales logran publicar sus trabajos en revistas de buen nivel.

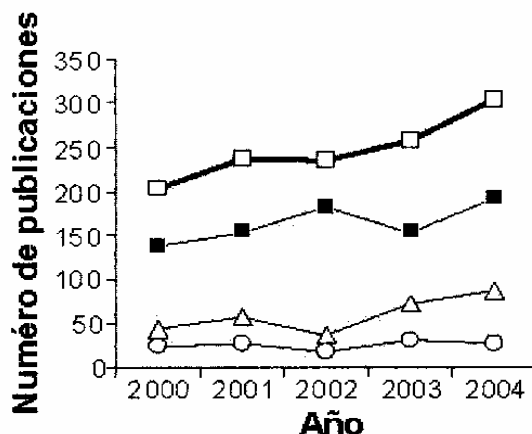


Figura 14.8. Tendencias en la productividad por categoría de publicación en Ciencias Ambientales 2000-2004. Cuadrados negros: trabajos ISI (N= 819); círculos: trabajos Scielo (no-ISI) (N = 121) ; triángulos: capítulos de libros, libros y monografías (N = 297); Cuadrados blancos: total de las tres fuentes de publicaciones (N = 1.237).

Con respecto al comportamiento dentro del quinquenio, las Ciencias Ambientales, ha mostrado una evolución positiva respecto a su productividad científica en los últimos 5 años, lo que sugiere un futuro alentador para la disciplina. Considerando las tres fuentes principales de productividad, se observa un aumento notable y constante en la productividad total de 203 trabajos en 2000 a 304 en 2004, y aumentos quinquenales en los trabajos ISI y capítulos de libros/libros (Fig. 14.8). El número de trabajos publicados en las revistas Scielo-No ISI se ha mantenido relativamente constante por el período, mostrando que estas revistas se mantienen estables y tienen su lugar a pesar de la preferencia creciente por las revistas ISI entre los científicos activos de Ciencias Ambientales.

Remitiéndonos ahora a indicadores más cualitativos, los trabajos ISI en Ciencias Ambientales han sido publicados en una gran variedad de revistas ISI, sumando 284, los que cubren desde taxonomía,

evolución, sistemática molecular, ecología vegetal, ecología animal, paleobotánica, palaeoclima, genética de poblaciones, entomología aplicada, invasiones biológicas, contaminación biológica, hasta la biotecnología, para nombrar algunas áreas. Para el quinquenio, 7 trabajos en ciencias ambientales han aparecido en la revista *Science* y otros 7 en la revista *Nature*, constituyendo estos 31,8% del total de 46 trabajos publicados en el país en estas revistas. Seis de los trabajos en *Science* y *Nature* pertenecen a un investigador (Pablo Marquet). Por otra parte alrededor de 50% de los capítulos de libros se encuentran en libros publicados por editoriales de alto prestigio, como Springer-Verlag, Oxford University Press, Island Press, y han aparecido libros<sup>5</sup> editados por la comunidad medioambiental en dichas editoriales. En el ámbito nacional, para el quinquenio, también han aparecido publicaciones muy valiosas.<sup>6</sup>

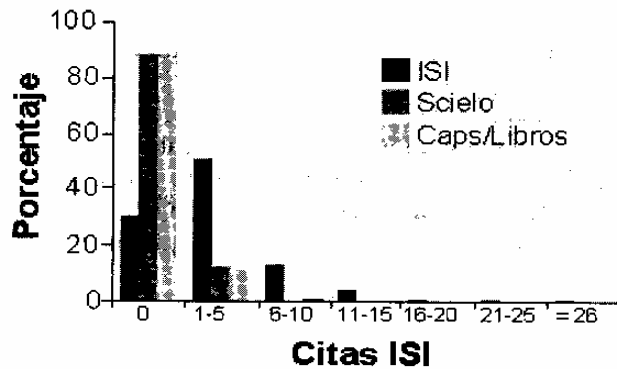


Figura 14.9. Porcentaje de publicaciones (años 2000-2004) de acuerdo con el número de citas en ISI y tipo de publicación. Trabajos ISI: N= 819; Trabajos Scielo (no-ISI): N = 121; Capítulos de libros, y libros y monografías: N = 297.

El mejor índice de impacto de un artículo científico lo constituye las citas ISI. Se puede observar que la distribución de citas (Fig. 14.9) para trabajos en revistas ISI es más favorable que para los capítulos/libros y trabajos publicados en revistas no-ISI; estos últimos son parecidos. El número de citas ISI por trabajo para los 819 trabajos ISI publicados en el lapso 2000-2004 fluctúa entre 0 y 268, con el valor de la mediana igual a 1, y con un total de citas para los 819 trabajos publicados en el quinquenio de 2.922. A éstos hay que sumar 109 citas adicionales provenientes de las dos otras categorías de publicaciones consideradas en el estudio, dando un total de 3.031. Para trabajos publicados en revistas

<sup>5</sup> Ceballos & Simonetti (eds.) *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. CONABIO-UNAM, México D.F.; Marquet & Bradshaw (eds.) (2003) *How landscapes change. Human disturbance and ecosystem fragmentation in the Americas*. Springer-Verlag, New York; Primack et al. (eds.) (2001) *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México (coeditores: Ricardo Rozzi, Francisca Massardo); Veblen et al. (eds.) (2002) *Fire and Climate Change in Temperate Ecosystems of the Western Americas*. Springer Verlag, New York (coeditor: Gloria Montenegro).

<sup>6</sup> Donoso (ed.) (2004). *Variación específicas en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina*. Editorial Universitaria, Santiago; Marticorena & Rodríguez (eds.) (2001) *Flora de Chile Vol 2. (1)*. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción; Marticorena & Rodríguez (eds.) (2003) *Flora de Chile Vol. 2 (2)*. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción; Muñoz-Pedrerros et al. (eds.) *Aves Rapaces de Chile* Ediciones CEA, Santiago (coeditores: Jaime Rau, Joré Yañez); Muñoz-Pedrero & Yañez (eds.) (2000) *Mamíferos de Chile*. Ediciones CEA, Santiago; Squeo et al. (eds.) (2001) *Libro rojo de la flora nativa de la Región de Coquimbo y de los sitios prioritarios para su conservación*. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena (coeditors: Julio Gutiérrez, Gina Arrancio); Rozzi et al. (eds.) (2004) *The Cape Horn Biosphere Reserve. A proposal for conservation and tourism to achieve sustainable development at the southern end of the Américas*. Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas (coeditor: Francisca Massardo); Villagrán & Castro (eds.) (2004) *Ciencia indígena de los Andes del norte de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago. También se puede mencionar aquí: Alberdi et al. (eds.) (2001) *Métodos de ecología vegetal*. Editorial Universitaria, Santiago (coeditor: Roberto Godoy); Bozinovic (ed.) (2003) *Fisiología ecológica y evolutiva. Teoría y casos de estudio en animales*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago; Cabrera et al. (eds). *Fisiología ecológica en plantas. Mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas*. Ediciones Universitarias de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. Jaksic (2001). *Ecología de comunidades*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.



Scielo (no-ISI) el intervalo es 0 y 3 y para los capítulos/libros 0 y 14, con medianas de 0, indicando tasas de cita mucho más bajas que en las revistas ISI. Desde luego, es importante que muchos de los trabajos del quinquenio fueron publicados recientemente, por lo que no es sorprendente que aún no hayan sido citados. En particular, los capítulos de libros y libros son generalmente menos accesibles, especialmente en la era internet, y, si van a ser citados, tienden a adquirir citas más tarde. Es urgente que CONICYT actualice las bases de datos de publicaciones ISI en un formato amigable, y que los investigadores del país colaboren en completar los antecedentes solicitados por CONICYT. De esta forma, en el presente tipo de estudio, se podría incorporar un análisis de las citas de los trabajos que corresponden al quinquenio anterior. También en esa materia, es bueno recordar que el número esperado de citas ISI en Ciencias Ambientales es mucho menor que en los campos experimentales de la Biología. Según *ISI Essential Science Indicators* (2004) habría que multiplicar el número de citas en Ciencias Ambientales por 2,6 con respecto a Bioquímica, y por 4,2 con respecto a Biología Molecular para evitar comparaciones odiosas.

En general los trabajos con altas citas ISI corresponden a trabajos con investigadores extranjeros o por redes internacionales de investigadores.<sup>7</sup> Aquí llama la atención el alto número de trabajos que tienen relación con el cambio climático y conservación de la biodiversidad. Es especialmente notable que los trabajos más citados tienden a considerar aspectos básicos de la ecología, pero empleando la biodiversidad y el cambio climático del presente o pasado como trasfondo para desarrollar estudios empíricos y teoría.

#### 4.2. Productividad individual

El subcomité estimó conveniente determinar el aporte individual de los científicos a la productividad, con el fin de establecer valores de referencia para la comunidad científica. Se constató un rango muy amplio en cuanto al número de trabajos publicados por autor (incluyendo las coautorías) (Fig. 14.10). Para los trabajos ISI el número máximo alcanzado por un autor particular es 61, en tanto para trabajos en las tres categorías es 66. El premio en ambos casos para el quinquenio 2000-2004 va a Francisco Bozinovic de la Pontificia Universidad Católica. El valor de la mediana para trabajos ISI para el quinquenio es 5, ascendiendo a 9 cuando se consideran las tres fuentes principales de trabajos científicos.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Los diez trabajos publicados en el quinquenio con el mayor número de citas acumulados (se indican los coautores del Directorio de Ciencias Ambientales donde corresponde) son: Sala et al. (2000): Biodiversity -Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* **287**: 1770-1774 (Juan Armesto coautor); Berryman et al. (2002): Ecological effects of climate fluctuations. *Science* **297**: 1292-1296 (Mauricio Lima coautor); Holmgren et al. (2001): El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* **16**(2): 89-94 (Julio Gutiérrez coautor); Betancourt et al. (2000): A 22,000-year record of monsoonal precipitation from Northern Chile's Atacama Desert. *Science* **289**: 1542-1546 (Claudio Latorre coautor); Keymer et al. (2000): Extinction thresholds and metapopulation persistence in dynamic landscapes. *American Naturalist* **156**: 478-494 (Pablo Marquet coautor); Wright et al. (2004): The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* **428**: 821-827 (Christopher Lusk coautor); Jaksic (2001): Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* **24**: 241-250; Stenseth et al. (2003) Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences* **270**: 2067-2096 (Mauricio Lima coautor); Marquet et al. (2000): Effects of habitat fragmentation on bird species in a relict temperate forest in semiarid Chile. *Conservation Biology* **14**: 534-543; Pérez et al. (2000): Prediction of PM2.5 concentrations several hours in advance using neural networks in Santiago, Chile. *Atmospheric Environment* **24**: 1189-1196 (Alex Trier coautor).

<sup>8</sup> Los autores (orden alfabético) que publicaron los diez mayores números (14-61) de trabajos ISI para el quinquenio son: Juan Armesto, Ricardo Barra, José Becerra, Francisco Bozinovic, Lohengrin Cavieres, Luis Corcuera, Ernesto Gianoli, Fabian Jaksic, Mary K. Arroyo, Mauricio Lima, Christopher Lusk, Pablo Marquet, Gloria Montenegro, Oscar Parra, Roberto Nespolo, Hermann Niemeyer, Mario Silva, Javier Simonetti, Gladys Vidal, y Steffan Woelfl. Los autores que acreditan los diez mayores números de trabajos totales publicados por el quinquenio (23-72) son: Juan Armesto, Francisco Bozinovic, Lohengrin Cavieres, Lionel Gil, Fabian Jaksic, Mary K. Arroyo, Antonio Lara, Christopher Lusk, Gloria Montenegro, Pablo Marquet, Hermann Niemeyer, Javier Simonetti, Francisco Squeo.

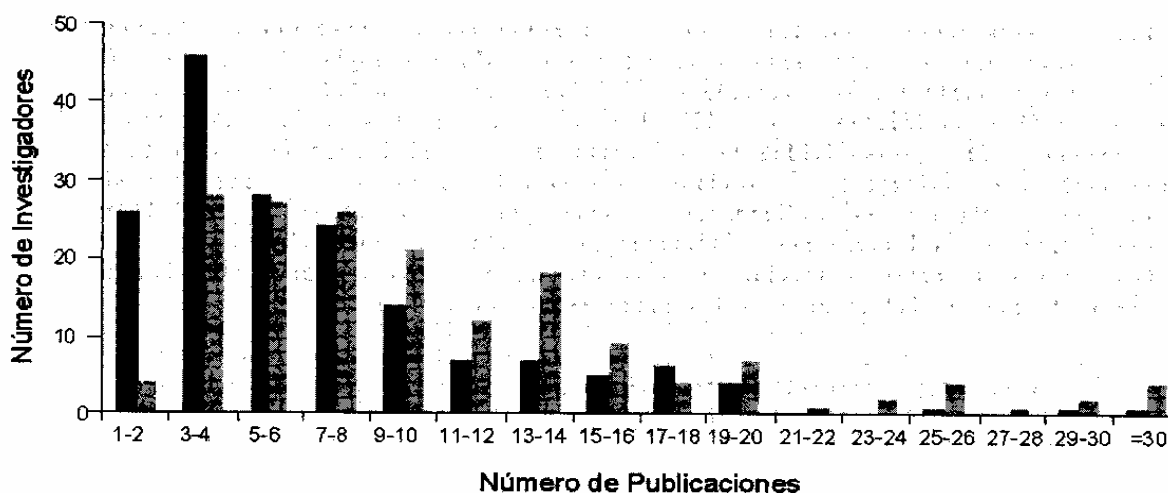


Figura 14.10. Distribución de investigadores activos con diferentes números de publicaciones para los años 2000-2004. Barras oscuras: publicaciones en revistas ISI; barras gris claro: total de publicaciones ISI, capítulos de libro/libro y publicaciones en revistas Scielo-no ISI. Ver texto para tamaño de la muestra.

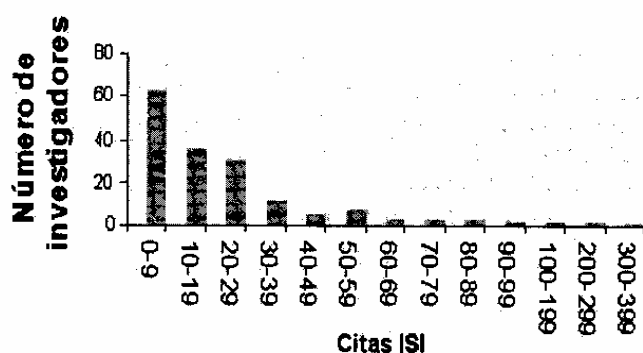


Figura 14.11. Distribución de investigadores activos con diferentes números acumulados de citas ISI para trabajos publicados entre 2000 y 2004.

Tal como en el caso del número de trabajos publicados por investigador, el número acumulado de citas ISI por los trabajos publicados entre 2000-2004 cubre un intervalo amplio (Fig. 14.11) (0-346), con un valor de 13 para la mediana de citas acumuladas por investigador. Los diez investigadores activos en Ciencias Ambientales con mayor número de citas ISI para las tres fuentes principales de publicaciones consideradas en el estudio para el quinquenio son: Juan Armesto, Francisco Bozinovic, Julio Gutiérrez, Fabian Jaksic, Mary Kalin (Arroyo), Mauricio Lima, Pablo Marquet, Roberto Nespolo, Christopher Lusk, Hermann Niemeyer, todos con 80 o más citas a comienzos de agosto 2005. El mayor número de citas acumuladas para trabajos publicados en el quinquenio recae en el Dr. Juan Armesto de la P. Universidad Católica-Universidad de Chile. Es notable la escasez de mujeres entre los científicos más citados de Ciencias Ambientales (N=1) en relación a su presencia en la muestra total de científicos.

#### 4.3. Productividad según área de investigación

En forma paralela, el comité estimó interesante examinar el aporte de cada área de investigación a la productividad global para determinar la heterogeneidad en la distribución de los científicos al respecto. Para ello, cada trabajo ISI se clasificó en las mismas áreas de investigación usadas previamente (Fig. 14.12). Las áreas con mayor productividad para el quinquenio 2000-2004 fueron: Ecología de Comunidades y Ecosistemas, Ecología de Poblaciones y Autoecología, Ecofisiología y Comportamiento Animal, Sistemática, Fisiología y Ecofisiología Vegetal, Contaminación y Toxicología (52 a 99 trabajos ISI). Las áreas de representatividad intermedia incluyen Conservación de la Biodiversidad, Manejo

Sustentable, Palaeoecología, Genética Evolutiva y de Poblaciones, y Fitoquímica y Productos Naturales (33 a 44 trabajos). Las áreas con menor representación son Macroecología y Biogeografía, Parasitología, Ecología de Infecciones y Enfermedades, Química Ecológica, Genética Aplicada, Biotecnología con Fines Ambientales y Genética Microbiana (3 a 27 trabajos). En general las áreas de ciencia básica son mucho más representadas en la productividad que las áreas aplicadas. Una excepción a esta regla lo constituye Contaminación y Toxicología con 51 trabajos. Con pocas excepciones el volumen de productividad de cada área guarda relación con la abundancia de investigadores del área. El “exceso” de trabajos en la categoría de Ecología de Poblaciones y Autoecología respecto al número de investigadores en dicha área (Fig. 14.6) se debe al hecho que muchos investigadores en otras áreas logran escribir algunos trabajos de índole autoecológico en el curso de sus investigaciones principales.

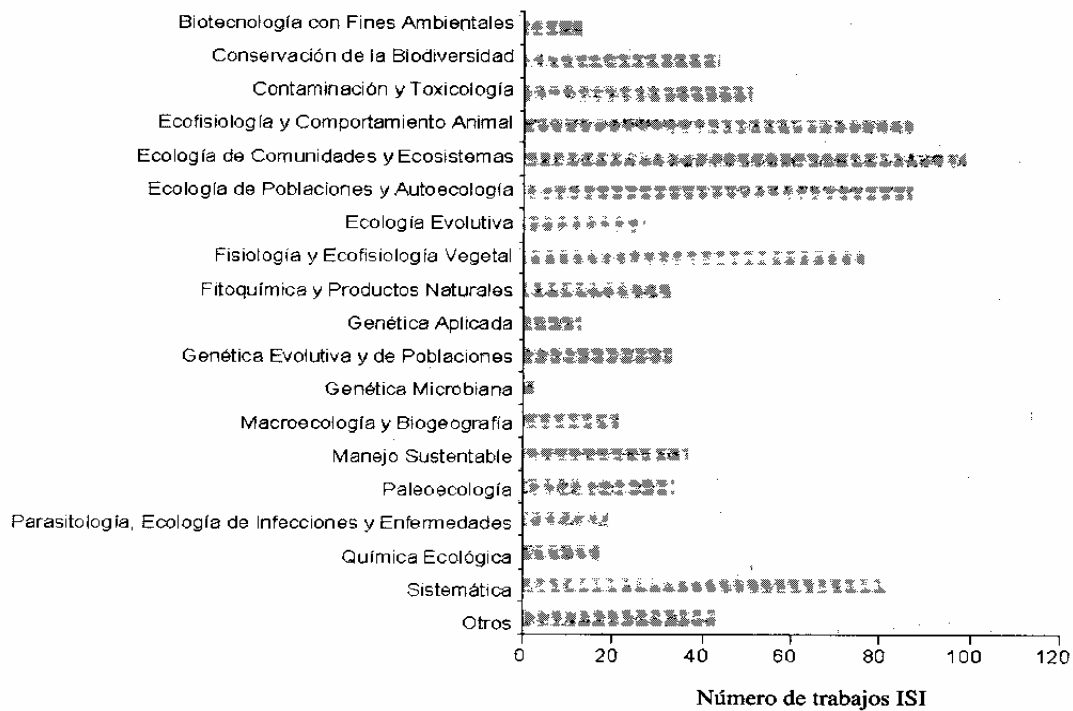


Figura 14.12. Comparación del número de trabajos ISI según las áreas de investigación representada en el universo de 816 trabajos ISI publicados entre 2000-2004. La categoría de “Otros” incluye trabajos teóricos, metodológicos, etc.

#### 4.4. Patentes

La obtención de patentes refleja una interacción positiva entre la ciencia y el desarrollo tecnológico. Es ampliamente reconocido que Chile tiene un gran desafío en esta materia en todas las disciplinas de la ciencia. Al parecer sólo cuatro patentes fueron concedidas a investigadores del Directorio para la década. Entre ellos, está la patente del proceso de clonación de la flor nacional de Chile, el copihue, concedida a investigadores en la Universidad de La Frontera en 2002. En el año 2002<sup>9</sup> se concedieron un total de 763 patentes en Chile. Por lo tanto la contribución de las Ciencias Ambientales no es destacable.

<sup>9</sup> [www.conicyt.cl](http://www.conicyt.cl)

#### 4.5. Otros logros de la década

En el período transcurrido desde el análisis de 2003, gracias al apoyo de CONICYT, se logró un primer diagnóstico nacional de la biodiversidad chilena a nivel de grandes grupos taxonómicos (Simonetti et al., 1995) que puso de manifiesto los enormes vacíos de conocimiento y los futuros desafíos para la comunidad nacional. Asimismo, se puso en marcha un Programa Sectorial de CONICYT en la II Región en el cual participaron investigadores de muchas instituciones nacionales. La Comisión de Diversidad Biológica de CONICYT que impulsó estas importantes acciones no fue reactivada en la administración actual, aspecto que consideramos desafortunado. En el período analizado, CONAF introdujo la noción de los Libros Rojos sobre la Flora y Fauna de Chile a nivel de las regiones administrativas de país, en donde los científicos nacionales tuvieron un papel importante al realizar el primer libro regional (Squeo et al., 2000), estableciendo a su vez una pauta de estudios y análisis para los futuros libros de esta naturaleza. El país debe velar para que los futuros libros mantengan el mismo nivel científico de este primer libro. Por otra parte, Chile central es reconocido hoy día como una región del mundo destacada por la gran diversidad y alto endemismo de su biota, constituyendo uno de los 25 “Hotspots” de Biodiversidad Mundial con prioridad para la conservación, gracias al trabajo de científicos del país (Arroyo et al., 1999; Myers et al., 2000). La inclusión de Chile en el rango “top 25” de biodiversidad está teniendo una influencia importante en proyectos de conservación nacional, como por ejemplo, en el nuevo Jardín Botánico Chagual en Santiago que se dedicará a la flora mediterránea de Chile central. La realización del Catastro de Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF-CONAMA-BIRF 1999), con participación de investigadores de la Universidad Austral de Chile, marcó otro hito importante, así como también, la puesta en marcha del Proyecto “Nueva Flora de Chile” llevado a cabo por un equipo de la Universidad de Concepción. Asimismo, en este intervalo se ha puesto de manifiesto en la literatura internacional las características únicas de los bosques templados de Chile y las grandes amenazas enfrentadas por estos valiosos ecosistemas (Armesto et al., 1998). El Comité Científico Independiente (CCI) del Proyecto Río Cóndor, establecido a petición del entonces Presidente de la Academia de Ciencias, y apoyado por el trabajo de 100 científicos, consiguió un importante logro de conservación de 68,000 ha en Tierra del Fuego (Arroyo et al., 1997). En la década pasada, los científicos nacionales también participaron en una iniciativa impulsada por ONGs extranjeras que llevó a la conservación de un tramo importante del bosque lluvioso de la Cordillera de la Costa. Adicionalmente se debe mencionar la participación en discusiones sobre el Ley de Bosque Nativo en el congreso nacional, donde se ha presentado un libro que reúne los aspectos científicos técnicos que debe considerar el proyecto de ley (Lara et al., 2004) y en el grupo de trabajo de la Iniciativa Chilena de Certificación Independiente (ICEFI) que desarrolla los indicadores para el proceso de la certificación forestal de acuerdo con los principios del “Forestry Stewardship Council”, una institución de gran prestigio internacional. Otro aspecto muy relevante, es la introducción del tema de las invasiones biológicas (Arroyo et al., 2000; Jaksic et al., 2002), considerando que las especies invasoras se consideran hoy día un amenaza a la biodiversidad local.

De mucha relevancia para las Ciencias Ambientales ha sido la creación de cuatro nuevas estaciones de campo en la década: (1) el Centro Internacional de Estudios Andinos (INCAS) de la Universidad de Chile, Putre, I Región - si bien esta estación no fue establecida por miembros del Directorio, está disponible para su uso; (2) Estación de Investigaciones Mediterráneas (EDIEM) de la Pontificia Universidad Católica, Región Metropolitana; (3) Estación de Campo Fundación “Senda Darwin” (FSD), Chiloé, X Región; (4) Parque Etnobotánica “Omora” (JBO), Isla Navarino, XII Región. Es de notar que dos de estas estaciones de campo contaron con aportes importantes de la Fundación A.W. Mellon Foundation, N.Y. Tres de estas nuevas estaciones (Senda Darwin, Parque Etnobotánico Omora, Estación de Investigaciones Mediterráneas) poseen sus propios terrenos experimentales.

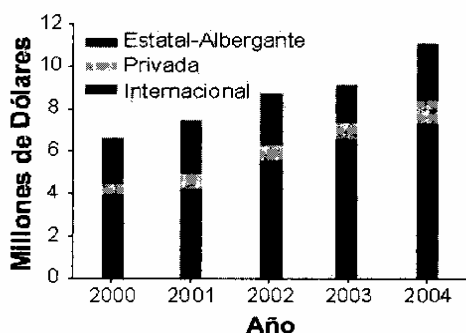


Figura 14.13. Inversión en Ciencias Ambientales en Chile en el período 2000-2004 independientemente del destino de los fondos.

## 5. Financiamento y colaboración internacional

### 5.1. Financiamento global

Globalmente, el financiamiento al área de Ciencias Ambientales (independiente de la inclusión en el Directorio) en el período 2000-2004, ascendió a 42,9 millones de dólares. El Estado de Chile y las instituciones albergantes de los proyectos fueron la principal fuente de financiamiento (US M\$ 27,7; 64,6%), seguida por fuentes internacionales (US M\$ 11,4; 26,7%) y fuentes privadas nacionales (US M\$ 3,8; 8,8%) (Fig. 14.13).

Si se consideran sólo los proyectos de científicos activos del Directorio en Ciencias Ambientales, estos montos se reducen a US M\$ 35,9 (340 registros), lo que significa un promedio de US M\$ 7,2 por año. Indudablemente una fracción significativa de los demás fondos totales se emplea en proyectos más tecnológicos y productivos, no resultando en productividad científica convencional. En el subconjunto de proyectos de miembros del Directorio, la proporción de fondos aportados por el Estado e instituciones albergantes es idéntica al total de los proyectos (US M\$ 23,1; 64,4%), sin embargo disminuye la proporción de fondos privados nacionales (US M\$ 1,9; 5,3%) y aumentan los fondos provenientes de fuentes internacionales (US M\$ 10,8; 30,1%). Entre las fuentes de financiamiento más importantes para los proyectos que no involucran a investigadores activos en Ciencias Ambientales están los fondos privados nacionales (US\$ 1,8; 26,2%), FONDEF (US M\$ 1,7; 24,4%) y FONDECYT (US M\$ 1,4; 23,3%) y FIA (US\$ 1,0; 14,5%). En general, es notable la baja presencia del sector privado en el financiamiento de investigación en Ciencias Ambientales en Chile en un período cuando el medio ambiente es un tema de alta importancia para las exportaciones, desarrollo del turismo, y uso sustentable de los recursos. Llama la atención, por ejemplo, que los inmobiliarios que se dedican a desarrollar grandes proyectos en los sectores costeros, no incorporen estudios de la rica y endémica biodiversidad costera con fines establecer pequeñas reservas dentro de los proyectos, y así contribuir a la conservación del patrimonio biológico.

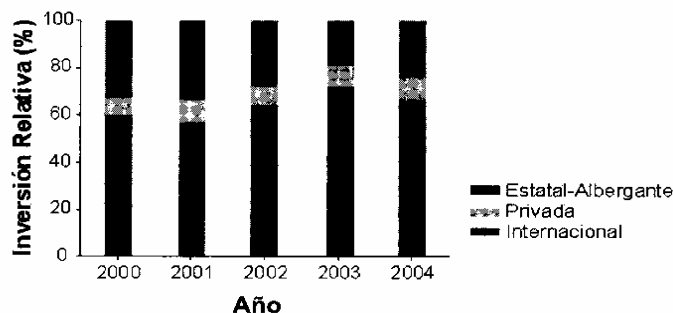


Figura 14.14. Variación temporal en la contribución relativa de las fuentes de financiamiento de las Ciencias Ambientales en Chile, 2000-2004.

Los aportes del Estado a las Ciencias Ambientales aumentaron desde US M\$ 4,0 en el 2000 a US M\$ 7,3 en el 2004. En términos relativos, en el año 2000 estas instancias aportaban el 60,2% del financiamiento, llegando al 66,3% en el 2004 (el máximo ocurrió el año 2003, con un 72,2%) (Fig. 14.14). En el caso de las fuentes de financiamiento privadas, estas se han elevado levemente en términos relativos desde 7,4% a 8,8%, aunque se han más que duplicado en términos absolutos (US M\$ 0,5 en 2000 a US M\$ 1,1 en 2004). El financiamiento internacional se ha mantenido entre US M\$ 2,1 y 2,6, salvo para el año 2003 donde los aportes disminuyeron a US M\$ 1,7.

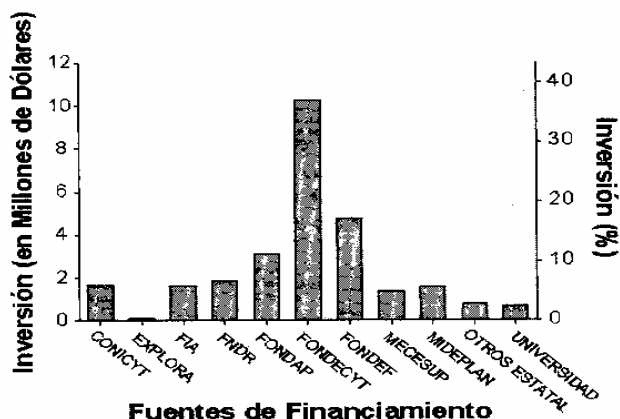


Figura 14.15. Distribución de los fondos de investigación según fuente de financiamiento estatal y de instituciones albergantes.

Un tercio del financiamiento nacional, excluida las fuentes privadas nacionales, lo proporciona FONDECYT (US M\$ 10,3; 37%). Le siguen en importancia FONDEF (US M\$ 4,7; 17%), FONDAP (US M\$ 3,1; 11,2%), FNDR (US M\$ 1,9, 6,7%), y CONICYT (US M\$ 1,7) (Fig. 14.15). En el caso de FONDECYT se trata principalmente de proyectos de investigación regulares y de formación de recursos humanos (Doctorado, Posdoctorado), los cuales corresponden a 159 proyectos. En el caso de FONDEF se trata de 25 proyectos, con un monto promedio anual aportado por este fondo cercano a US\$ 82.000; estos proyectos tienen una contraparte privada (mínimo del 20% del monto total) y de aportes valorados de las instituciones albergantes. FONDAP está relacionado sólo al proyecto "Center for Advanced Studies in Ecology and Biodiversity" (CASEB) de la P. Universidad Católica de Chile que concentran 11,2% de los fondos nacionales estatales. En el caso de los aportes FNDR y CONICYT, estos corresponden principalmente al financiamiento de dos Centros de Investigación Regionales: "Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas" (CEAZA) en la IV Región, y "Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica" (CEQUA) en la XII Región. Por otra parte, Ciencias Ambientales actualmente cuenta con dos Núcleos Milenios: "Servicios Ecosistémicos de Bosques Nativos bajo Fluctuaciones Climáticas" (FORECOS), Universidad Austral de Chile, y el "Centro Milenio de Estudios Avanzados en Ecología e Investigación en Biodiversidad" (CMEB). Aunque los fondos asignados a los núcleos milenios son relativamente modestos (aprox. \$US 250.000 al año) y de corta duración (3 años, renovable una vez hasta 6 años), dichos núcleos son relevantes por su novedosa estructura, que además de incluir investigación científica de frontera, fomenta la dedicación a la difusión, el establecimiento de redes de colaboración nacional e internacional al interior del Núcleo y contactos con los sectores privados y públicos, todo esto dentro del contexto del mismo proyecto.

## 5.2. Comparación de las instituciones

Dadas las enormes diferencias de tamaño entre los grupos de investigación, no es sorprendente que cuatro universidades tradicionales capitalizan 71,9% de los recursos financieros en Ciencias Ambientales en Chile. Estas son: Pontificia Universidad Católica de Chile (US M\$ 9,8; 22,9%), Universidad de Chile

(US M\$ 8,8; 20,6%), Universidad Austral de Chile (US M\$ 6,2; 14,5%) y Universidad de Concepción (US M\$ 6,0; 14,0%) (Fig. 14.16). Le siguen dos universidades derivadas que son las instituciones representantes de dos proyectos de Centros Regionales: Universidad de la Serena (US M\$ 3,2; 7,5%) y de Magallanes (US M\$ 2,3; 5,4%).

Por último, se destaca que 91 proyectos han sido financiados por las propias universidades, con montos cercanos a US\$ 2.000 anuales, y duraciones entre uno y tres años. Si bien en términos económicos estos proyectos sólo corresponden a cerca de US\$ 450.000, permiten preparar a sus investigadores para enfrentar concursos más competitivos como son FONDECYT y FONDEF.

Destaca en el financiamiento con fondos propios la Universidad de Concepción (US\$ 255.200), seguido muy de lejos por las Universidades de La Serena (US\$ 40.200), Pontificia Universidad Católica de Chile (US\$ 39.500), Universidad de Talca (US\$ 28.700), Universidad Austral de Chile (US\$ 26.300) y Universidad de Chile (US\$ 20.700) (Fig. 14.17). Nos parece muy meritorio que las universidades regionales estén dispuestas a invertir fondos en Ciencias Ambientales.

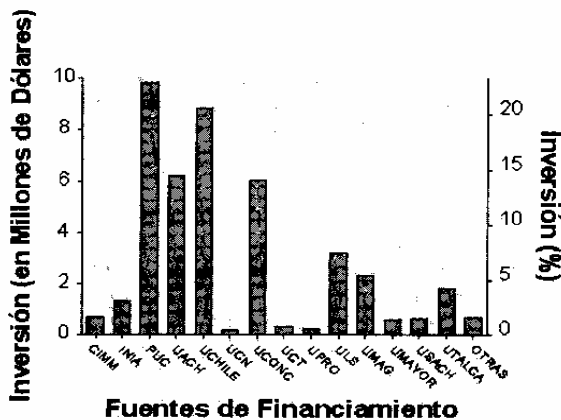


Figura 14.16. Distribución de la inversión en Ciencias Ambientales según institución.

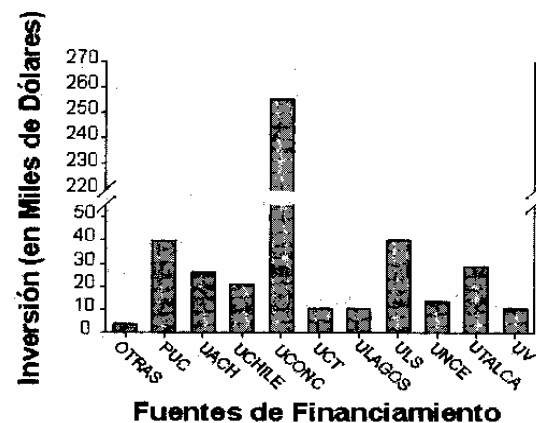


Figura 14.17. Distribución de la inversión con fondos propios de las instituciones en Ciencias Ambientales.

Finalmente, en esta sección, interesa saber la proporción de los fondos totales de investigación que Chile invierte en Ciencias Ambientales y que resulta en productividad científica convencional. Según información en la página Web de CONICYT<sup>10</sup> en 2002, considerando todas las áreas de la ciencia, Chile destinó US M\$ 464 a investigación y desarrollo tecnológico. El Estado aportó US M\$ 238 de esos fondos. En 2002, los laboratorios de miembros del Directorio de Ciencias Ambientales recibieron de fuentes estatales aproximadamente US M\$ 4,8 millones, es decir apenas 2% del total disponible. No existen datos desglosados de esta manera para los demás años, pero seguramente las proporciones son similares. Con un Hotspot de Biodiversidad y ecosistemas de bosques únicos que han sufrido un alto grado de degradación y sobreexplotación, es impresionante que Chile destine tan poco financiamiento a las ciencias encargadas del estudio y cuidado del medio ambiente.

<sup>10</sup> [www.conicyt.cl](http://www.conicyt.cl)



## 6. Programas de pre y posgrado

### 6.1. Pregrado

Entre las 25 universidades pertenecientes al Consejo de Rectores, 11 de ellas dictan en la actualidad 1 o 2 carreras científicas de pregrado vinculadas directamente a las Ciencias Ambientales (Tabla 14.2), con un total de 13 carreras. Por lo menos 3 de ellas partieron después de la fecha de diagnóstico de 1993.

Tabla 14.2. Carreras científicas de Ciencias Ambientales (2002-2004). Se proporciona el número de titulados para los años 2002 y 2003. Fuentes de información: 2002-2003: Honorable Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas\*, Anuarios estadísticos 2002-2003; 2004- información suministrada por las unidades académicas o tomada de sus páginas Web. VAC = vacantes; TIT = Titulado; e = egresados; s/i = información no disponible. No se dispone de información sobre titulados para 2004.

Institución y Carrera	Región	Inicio	VAC 2002	TIT 2002	VAC 2003	TIT 2003	VAC 2004
Pontificia Universidad Católica de Chile <i>Lic. En Ciencias Biológicas</i>	M	1970	89	8	80	6	80
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso <i>Biología</i> <i>Lic. en Biología</i>	V	1996	40	15	40	19	40
	V	s/i	...	13	.....	.....	30
Universidad Arturo Prat <i>Biología</i>	I	s/i	30	0 (14 e)	30	0 (2 e)	30
Universidad Austral <i>Lic. en Ciencias Biológicas</i>	X	1981	50	3	50	6	50
Universidad Católica de Temuco <i>Biología en Gestión de Recursos Naturales</i>	IX	1992	40	3	40	8	40
Universidad de Chile <i>Lic. en Ciencias c/m Biología</i> <i>Biología c/m en Medio Ambiente</i>	M	1965	25	10	25	18	30
	M	1996	20	0	20	9	30
Universidad de Concepción <i>Biología</i>	VIII	s/i	75	16	75	16	75
Universidad de la Frontera <i>Ing. Ambiental</i>	IX	s/i	30	12	30	14	30
Universidad de Magallanes <i>Lic. en Ciencias Biológicas</i>	XII	s/i	25	3	25	2	20
Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación <i>Ing. Ambiental</i>	V	1996	35	2	35	10	30
Universidad de Valparaíso <i>Ing. Ambiental</i>	V	s/i	67	0	80	4	56
<b>Totales</b>			<b>526</b>	<b>85+14e</b>	<b>530</b>	<b>112+2e</b>	<b>541</b>

\* <http://www.consejodirectores.cl/>

Las carreras más comunes son las Licenciaturas (5), seguidas por los títulos profesionales en Biología (5) e Ingenierías Ambientales (3). Según los datos disponibles para 2002 al 2004, el total de cupos fluctuó entre 526 y 541, con un total de 1.597 para los tres años, es decir un promedio de 532 nuevos por año. El número de titulados para 2002 y 2003 fue 213, es decir poco más de 100 por año, lo que es mucho más bajo que los cupos disponibles. No es claro por qué tantos alumnos no terminan su pregrado en Ciencias Ambientales. Quizás el limitado campo ocupacional es un factor importante.

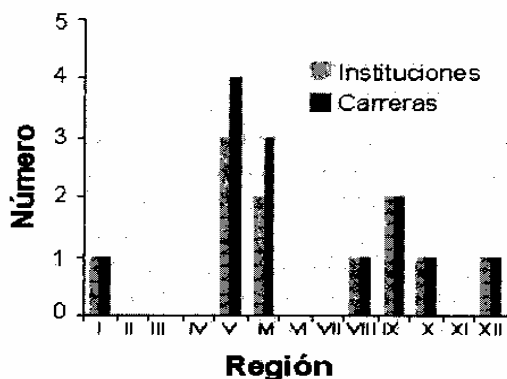


Figura 14.18. Número de universidades y carreras científicas de pregrado en Ciencias Ambientales según las regiones del país

Si bien las carreras se concentran en el centro del país (Fig. 14.18), el grado de descentralización es mayor en relación a la distribución de los científicos, principalmente por el desarrollo de varias carreras en este ámbito en la V Región. Un aspecto curioso es la falta de concordancia entre el número de científicos en cada región y el número de carreras de pregrado. Desde luego, hay regiones que no acreditan ninguna carrera científica en la disciplina. Basado en datos de 2002, 2003, y 2004, las regiones con mayores cupos son la V (453), M (399), VIII (225) y IX (210).

Sumado a estas carreras de corte científico, existen 9 carreras de pedagogía en Biología y Ciencias Naturales, y 6 carreras de Ingeniería Civil Ambiental que guarda relación con el área. En particular, las Pedagogías serían una fuente de alumnos de posgrado en algunas partes del país (por ejemplo la IV Región) donde no existen Licenciaturas.

## 6.2. Posgrado

Catorce programas de posgrado activos impartidos por diez universidades del Consejo de Rectores se vinculan estrechamente a las Ciencias Ambientales (Tabla 14.3). Siete programas (50%) son nuevos para la década, mientras uno (Doctorado en Ciencias m/Ecología y Biología Evolutiva, Universidad de Chile) constituye una amalgamación de tres menciones previas; lo que significa no solamente una expansión grande en la oferta de posgrados, sino que en cuanto a subdisciplina y orientación. Adicionalmente, existe un programa de posgrado que se inició en 1996 pero se cerró en 2003 (Doctorado en Ciencias Área Zoología, Universidad de Concepción) (Tabla 14.3). Los programas de Doctorado y Magíster vigentes son siete en cada caso, distribuidos en 6 universidades y 6 regiones del país en el caso del Doctorado, y 6 universidades y 5 regiones en el caso del Magíster. Hasta la fecha, 5 programas de doctorado han sido acreditados por CONAP. Con respecto a los Magísteres, sólo 3 programas se encuentran acreditados. La gran mayoría de estos programas corresponde a ciencia básica. Una notable excepción es el programa de Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción con fuerte ímpetu del EULA. Sumado a esos programas, hay programas adicionales (Ingenierías Ambientales) que tienen relación colateral con las Ciencias Ambientales, como se entiende en este documento.

La población de alumnos ingresada a los programas de posgrado en Ciencias Ambientales ha aumentado progresivamente en los tres años para los cuales se cuentan con datos (Fig. 14.19) de 62 en 2002 a 64 en 2003 y finalmente 74 en 2004, con 47,7% de los alumnos en los programas de doctorado. No existen cifras confiables para la década anterior para comparación, pero evidentemente esos números son mucho mayores. Hay que señalar que en Ciencias Ambientales siempre ha existido una gran demanda para los programas de magíster, principalmente porque alumnos de muchos programas de pregrado en el país no están preparados para enfrentar las exigencias de los principales programas de doctorado y porque algunos alumnos prefieren realizar su doctorado en el extranjero, y en preparación para ello, entran en un

programa de magíster para obtener experiencia en investigación y antecedentes antes de postular a una beca de doctorado para estudiar afuera del país.

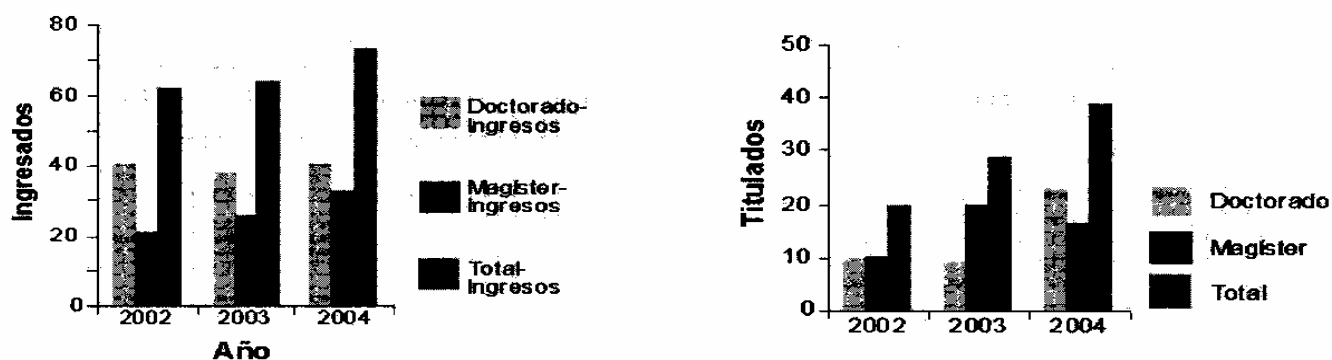


Figura 14.19. Tendencia en alumnos ingresados y titulados en programas de posgrado vinculados a Ciencias Ambientales entre 2002 y 2004. Los datos para ingresados incluyen un estimado 25% de alumnos que eventualmente desarrollarán sus tesis en Ciencias del Mar. Los datos para los titulados excluyen tesis en Ciencias del Mar. Datos originales en la Tabla 14.3.

Si bien la orientación de los programas en la Tabla 14.3 es Ecología y Ciencias Ambientales, al llegar a la etapa de tesis, algunos alumnos derivan hacia Ciencias del Mar. Por lo tanto, el número de ingresados en la Tabla 14.3 sobreestima el número de alumnos que eventualmente harían una tesis en Ciencias Ambientales (como lo ha definido la Academia de Ciencias) en alrededor de un 15-20%. Esta situación se manifiesta en particular en el Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas m/Ecología de la Pontificia Universidad Católica, el Doctorado en Ciencias m/Sistemática y Ecología de la Universidad Austral de Chile, el Magíster en Ciencias m/Conservación y Manejo de Recursos Naturales de la Universidad de Los Lagos, y en el Magíster de Manejo y Cultivo de Recursos en Ambientes Marinos Subantárticos de la Universidad de Magallanes.

En cuanto al número de titulados en Ciencias Ambientales los programas más activos en la formación de alumnos de doctorado son el Doctorado en Ciencias m/Ecología y Biología Evolutiva, Universidad de Chile, el Doctorado en Ciencias Biológicas m/ Ecología, P. Universidad Católica de Chile, y el Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción. Para los magísteres son el Magíster en Ciencias Biológicas m/Ecología, Zoología, Botánica, Universidad de Chile, Magíster en Ciencias m/Zoología, Universidad de Concepción, y Magíster en Ciencias m/Botánica, Universidad de Concepción. Para los 3 años analizados, la labor de enseñanza de posgrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile es muy destacada (35,4 % de los alumnos titulados).

La Fig. 14.19 muestra que el número de titulados prácticamente se ha duplicado entre 2000 (20) y 2004 (39), con un total de 42 doctores y 46 magísteres, vale decir, promedios de 14 y 15 al año, respectivamente. El total de doctorados conferidos en universidades chilenas para los años 2002 al 2004 fue alrededor de 592 (Hervé et al., en este volumen). Por lo tanto se puede decir que Ciencias Ambientales forma 7,1% de los doctores en el país, una cifra que es aproximadamente 1% menos con respecto al porcentaje de investigadores activos. Sin embargo, si se considera que los integrantes del Directorio también forman un número equivalente de alumnos de magíster, el aporte del Directorio a la formación de posgrado es bastante extenso. De todas, maneras, el número de titulados es bajo (< 0,2 por científico del Directorio por año).

Tabla 14.3. Programas de posgrado en Ciencias Ambientales en Chile y número de alumnos que ingresaron y se graduaron en los años 2002, a 2004. El primer número en paréntesis se refiere al total de alumnos graduados en el programa, y el segundo al número de graduados en Ciencias Ambientales. Fuentes: Memorias Honorable Consejo de Rectores<sup>3</sup>, año 2002-2003 y autoridades universitarias. En negrita: programas nuevos para la década.

Universidad	Inicio	Región	Acreditación CONAP*	2002	2003	2004
Universidad de Chile						
- Magíster en Ciencias Biológicas m/ Ecología, Zoología, Botánica	1978	M	No	8 (3-3)	5 (9-9)	14 (7-7)
- Doctorado en Ciencias m/ en Ecología y Biología Evolutiva *	1968 (2000)	M	Si	7 (4-4)	8 (5-3)	8 (6-6)
Pontificia Universidad Católica de Chile						
- Doctorado en Ciencias Biológicas m/ Ecología	1982	M	Si	5 (3-2)	8 (2-1)	5 (6-3)
Universidad de Concepción						
- Doctorado en Ciencias Ambientales	1989	VIII	Si	5 (3-3)	1 (3-3)	4 (4-4)
- Doctorado en Ciencias Área Botánica	1995	VIII	Si	10 (1-1)	3(0-0)	4 (3-3)
- Doctorado en Ciencias Área Zoología*	1996-	VIII	No	0 (0)	0(3-2)	0 (2-1)
- Magíster en Ciencias m/ Botánica	2002	VIII	Si	3 (3-3)	5(5-5)	5 (0-0)
- Magíster en Ciencias m/ Zoología	1993 1982	VIII	Si	7 (5-4)	4(5-4)	4 (2-1)
Universidad Austral de Chile						
- Doctorado en Ciencias m/ Sistemática y Ecología	1999	X	Si	5 (0-0)	7 (0-0)	7 (0-0)
Universidad de La Serena						
- Magíster en Ciencias m/ Ecología de Zonas Áridas	1998	IV	No	1 (0-0)	2 (2-2)	2 (1-1)
Universidad de La Frontera						
- Doctorado y Magíster en Ciencias de Recursos Naturales	2001	IX	No	5 (0-0)	8 (0-0)	6 (3-3)
Universidad de Talca						
- Doctorado en Ciencias m/ Ingeniería Genética Vegetal	2001	VII	No	4 (0-0)	3 (0-0)	7 (0-0)
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación						
- Magíster en Ciencias m/ Entomología	1993	M	No	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (1-1)
Universidad de Magallanes						
- Magíster de Manejo y Cultivo de Recursos en Ambientes Marinos Subantárticos****	2003	XII	No	0 (0-0)	6 (0-0)	5 (0-0)
Universidad de Los Lagos						
- Magíster en Ciencias m/ Producción, Manejo y Conservación de Recursos Naturales****	1996	X	Si	2 (0-0)	4 (1-0)	3 (4-0)

\* antes Doctorado en Ciencias m/ Ecología, Zoología, Botánica

\*\* cerrado en el período

\*\*\* recibe alumnos de Ciencias del Mar y Ciencias Ambientales

\*\*\*\* en general 30% de los alumnos ingresados son de Ciencias Ambientales

La Tabla 14.4 entrega información con respecto a las tres fuentes principales de becas: CONICYT y MECESUP. Para el quinquenio las becas CONICYT suman 67, constituyendo 9,7% de las becas otorgadas por CONICYT para este período (699<sup>2</sup>) a las que se suman 42 becas MECESUP. Considerando

las dos fuentes, el número de becas ha sufrido variación en el tiempo (Tabla 14.4). Nuestros alumnos adicionalmente tienen acceso de becas (parciales o completas) de Doctorado proporcionadas por dos Núcleos Milenio, y de fuentes como DIPUC y AGCI de la Pontificia Universidad Católica, entre otras.

Tabla 14.4. Becas de doctorado de CONICYT Y MECESUP obtenidas por alumnos vinculados a los programas de posgrado en Ciencias Ambientales. Fuentes: Páginas Web de CONICYT, y autoridades universitarias.					
Fuente de beca de doctorado	2000	2001	2002	2003	2004
<b>CONICYT</b>					
Universidad de Chile	2	1	8	4	6
P. Universidad de Católica	2	4	5	3	4
Universidad de Concepción	0	3	9	1	5
Universidad Austral de Chile	3	2	1	2	2
<b>Subtotales</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>17</b>
<b>MECESUP</b>					
Universidad de La Frontera	0	0	0	0	4
Universidad de Chile	0	0	0	2	2
P.Universidad Católica de Chile	0	0	0	0	3
Universidad Austral de Chile	0	0	3	6	4
Universidad de Concepción	0	2	1	1	2
Universidad de Talca	s/i	s/i	s/i	s/i	12
<b>Subtotales</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>27</b>
<b>Totales</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>44</b>

Con respecto a los programas de magíster, la situación es distinta. Los dos Núcleos Milenio han proporcionado 27 becas para el quinquenio. Otras fuentes incluyen las "Ayudas Tesistas" de los proyectos de FONDECYT que necesariamente deben complementarse con otras fuentes de ingresos, y una serie de becas ofrecidas por las mismas universidades.

Tabla 14.5. Proyectos posdoctorales nacionales (incluyendo un estipendio) otorgados en Ciencias entre 2000 y 2004. Fuentes: Páginas Web CONICYT, y comunicación personal con investigadores de los centros de investigación.					
Fuente	2000	2001	2002	2003	2004
FONDECYT	4	0	1	2	3
Núcleos Milenio	1	2	3	1	2
FONDAP	0	0	4	3	0
MECESUP	0	0	1	1	1
Fundación Mellon, USA	0	1	0	0	0
CEAZA	0	0	0	2	2
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>

### 6.3 Posdoctorados

Las oportunidades de formación posdoctoral en el país en Ciencias Ambientales aún son muy limitadas, debido a la falta de financiamiento. Sin embargo, este tipo de entrenamiento es fundamental, dado la progresiva reducción en la duración de los doctorados que da como resultado, cada día, tesis más

acotadas y menos elaboradas. Para el quinquenio, Ciencias Ambientales logró captar 10 (8,8%) de los 114 proyectos posdoctorales de FONDECYT muy competitivos (Tabla 14.5), que, si bien es un buen porcentaje, en la práctica constituye un número muy pequeño. A los proyectos FONDECYT se suman oportunidades proporcionadas por los nuevos Centros regionales de CONICYT, un FONDAP, dos Núcleos Milenio, y los proyectos MECESUP (Tabla 14.5), dando un total de 34 oportunidades. Finalmente, 4 personas del Directorio realizaron una estadía posdoctoral en el extranjero en los últimos 5 años.

## 7. Sociedades científicas

Las sociedades chilenas actualmente más relevantes para los miembros del Directorio de Ciencias Ambientales son la Sociedad de Biología, la Sociedad de Botánica de Chile, la Sociedad de Ecología de Chile y la Sociedad Chilena de Entomología (Tabla 14.6).

Nombre Sociedad	Año fundación	Nº socios activos*	Publicaciones regulares
Sociedad Chilena de Entomología	1922	91	<i>Revista Chilena de Entomología</i>
Sociedad de Biología de Chile	1928	492	<i>Revista Chilena de Historia Natural; Biological Research; Noticiero Mensual de Actividades</i>
Sociedad de Botánica de Chile	1977	109	<i>Gayana Botánica</i>
Sociedad de Ecología de Chile	1992	114	No tiene

\*Socios activos a principios de 2005

Todas estas sociedades son muy activas, celebran reuniones regularmente y poseen publicaciones propias (Tabla 14.6), salvo la Sociedad de Ecología de Chile. Además de estas sociedades, miembros del Directorio (< 10 en cada caso) pertenecen a: Sociedad de Genética de Chile, Sociedad de Limnología de Chile, Unión de Ornitólogos de Chile, Sociedad de Vida Silvestre de Chile, Sociedad Chilena de Parasitología, Sociedad Chilena de Historia Natural, Asociación de Física y Química Ambiental de Chile, Sociedad de Microbiología de Chile. Cabe señalar que la Unión de Ornitólogos se considera una sociedad profesional y amateur. A la fecha cuenta con más de 100 socios activos.

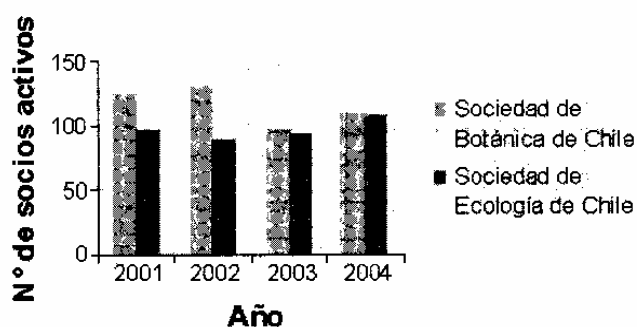


Figura 14.20. Socios activos durante el último quinquenio para dos principales sociedades científicas chilenas asociadas a las Ciencias Ambientales.

La membresía de las sociedades principales ha sufrido fluctuaciones durante el quinquenio 2001-2005. Por ejemplo, la Sociedad de Botánica de Chile y la Sociedad de Ecología de Chile exhiben cantidades similares de socios a partir de 2003 (Fig. 14.20), año en que la Sociedad de Botánica, por estatuto, pasó 34 socios al estado inactivo, seguido por un repunte. La Sociedad de Ecología de Chile ha

tenido un crecimiento sostenido a partir de 2002. El número actual de socios en ambas sociedades es similar.

Adicionalmente, y reflejando la amplitud de las Ciencias Ambientales, los investigadores del Directorio pertenecen a más de cien sociedades internacionales. De ellas, la más importante es la *Ecological Society of America* (USA) con doce miembros, es decir 6,7% del total de las membresías internacionales (Fig. 14.21). Otras sociedades importantes son la *American Society of Mammalogists* y la *Species Survival Commission*, una entidad internacional con más de 7.000 miembros creada directamente por la *International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) para evaluar los catastros de especies catalogados como en peligro de extinción además de implementar políticas de conservación. El resto de las sociedades (son 96 sociedades con menos de cuatro membresías cada una) ocupa 81,1% del total de las membresías (Fig. 14.21). De estas, destacan las sociedades ornitológicas como la *American Ornithological Society* y la *Cooper Ornithological Society* con cuatro membresías cada una. Otras sociedades con membresías son la *American Botanical Society*, *International Society for Behavioral Ecology*, *Sociedad Argentina para el Estudio de las Mamíferos*, *Society for Conservation Biology* y *Society for the Study of Evolution* y la *American Society of Limnology and Oceanography*.

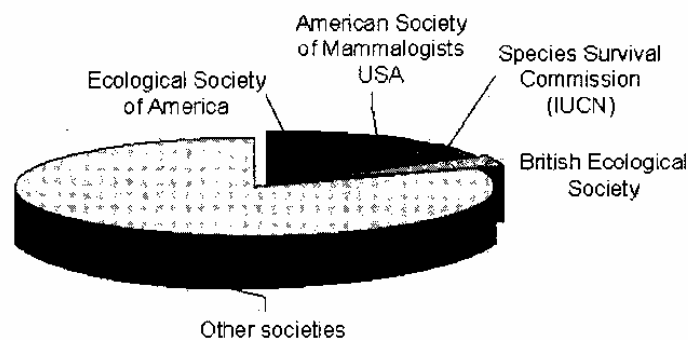


Figura 14.21. Porcentaje de distribución de membresías en Sociedades Científicas Internacionales por parte de investigadores incluidos en el Directorio de Ciencias Ambientales.

Finalmente, en 2004, cinco científicos jóvenes de Ciencias Ambientales, de un total de 44 en el país, recibieron nombramientos para dos años en el nuevo programa “Ciencias de Frontera” de la Academia de Ciencias del Instituto de Chile. También, para el período, entre sus filas está un Presidente de la Red Latinoamericana de Botánica (RLB) (Gloria Montenegro de la Universidad Católica de Chile).

## 8. La inserción de las Ciencias Ambientales en el mundo científico internacional

Actualmente los países desarrollados aportan 72% de los investigadores y producen 88% de todos los trabajos científicos y publicaciones técnicas (Holmgren & Schnitzer, 2004). Durante los últimos 10 años Chile ha experimentado un crecimiento económico notable, junto con experimentar un proceso de profunda modernización a nivel del aparato estatal e infraestructura del país. La estabilidad del país contrasta fuertemente con la década anterior. La información que arroja este estudio mostró que, para el quinquenio 2000-2004, las Ciencias Ambientales publicaron un amplio conjunto de trabajos en revistas ISI de buen impacto para la disciplina; a la vez han abierto un espacio interesante en cuanto a la publicación de libros y capítulos en libros de editoriales de gran prestigio, junto con sintetizar sus conocimientos e ideas en varios libros editados en el país. Cabe preguntarse entonces, cómo se comparan las Ciencias Ambientales en Chile con otros países del mundo, y cómo la disciplina es percibida internacionalmente. A modo de ejemplo, se puede preguntar ¿refleja la productividad su condición dentro de un marco de país emergente? De la misma manera interesa saber cómo está evolucionando Chile en el escenario latinoamericano.



Con el objeto de estudiar estas preguntas, efectuamos primero un análisis comparativo de la productividad científica en relación al número de habitantes por país y al PIB per cápita de 142 países con más de un millón de habitantes (en 2002). En segundo lugar nos focalizamos en las citas ISI. Para el primer análisis, se obtuvo el número de trabajos publicados entre los años 2000-2004 del ISI Web of Science para 142 países en 49 revistas ISI representadas en la productividad chilena (Apéndice 1).<sup>11</sup> El conjunto de revistas no incluye la *Revista Chilena de Historia Natural*, y revistas equivalentes de otros países pues su inclusión conllevaría a sobrestimaciones artificiales en la productividad. Asimismo, se descartó *Science* y *Nature* (por tener artículos de muchas disciplinas), las revistas marginales al área, y las revistas poco representadas. Aunque se hizo una selección cuidadosa de las revistas ISI, inevitablemente algunos trabajos del ámbito marino estarían incluidos en los números entregados por *ISI Web of Knowledge* para cada país. Lo anterior tiene poca consecuencia para los propósitos del análisis, pues el error es sistemático, y por lo tanto no debería afectar materialmente el lugar relativo de los países analizados en cuanto al indicador.

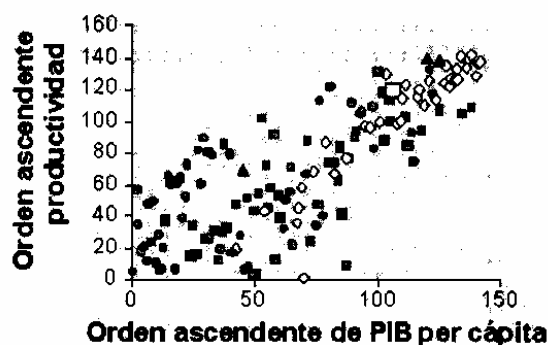


Figura 14.22. Comparación de los valores de rango del número de artículos por millón de habitantes publicados en 49 revistas ISI en 142 países graficados en relación a sus valores de rango para PIB per cápita. Valores altos de rango para PIB indican elevados niveles de PIB. Valores alto de rango para artículos indican mayor números de artículos en relación al número de habitantes. Cuadrado blanco grande: Chile; Cuadrados negros pequeños: Asia; Diamantes blancos: América del Norte y Europa. Círculos negros: Medio Oriente y Africa del Norte; Círculos gris: África Sub-Sahara; Cuadrados achurados: América Latina; Triángulos gris: Oceanía.

La Figura 14.22 compara los valores del rango del número de artículos/millón de habitantes versus valores del rango del PIB per cápita. En primer término, la productividad en Ciencias Ambientales está correlacionada con el PIB. La productividad chilena en Ciencias Ambientales cae dentro de lo esperado para su nivel de PIB. Sin embargo, en términos relativos, es más alta de lo esperado con respecto al PIB del país. En cuanto a PIB, Chile ocupa el lugar 36 entre los 142 países, en tanto que para artículos científicos el análisis ubica a las Ciencias Ambientales en el lugar 24.

Para las revistas consideradas, el número de artículos por un millón de habitantes fluctúa entre 0 (15 países; no se muestran) y 197,8 (Dinamarca) (Tabla 14.7), siendo la mediana mundial 1,29 artículos por millón de habitantes. Las Ciencias Ambientales chilenas producen 17,51 artículos por millón de habitantes, lo que representa un orden de magnitud mayor que la mediana.

<sup>11</sup> Revistas ISI analizadas: *American Journal of Botany*; *American Naturalist*; *Annals of the Missouri Botanical Garden*; *Behavioral Ecology*; *Biodiversity and Conservation*; *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*; *Conservation Biology*; *Ecology*; *Ecology Letters*; *Ecoscience*; *European Journal of Entomology*; *Evolution*; *Heredity*; *Hereditas*; *Journal of Chemical Ecology*; *Journal of Arid Environments*; *Journal of Ecology*; *Journal of Mammalogy*; *Journal of Vegetation Science*; *Molecular Phylogeny and Evolution*; *Oecologia*; *Oikos*; *Quaternary Research*; *Plant Ecology*; *Systematic Botany*; *Journal of Quaternary Science*; *Journal of Chemical Ecology*; *Functional Plant Biology*; *Forest Ecology and Management*; *Comparative Biochemistry and Physiology A-Molecular & Integrative Physiology*; *Condor*; *Biological Invasions*; *Diversity and Distributions*; *Ecography*; *Journal of Biogeography*; *Entomologia Experimentalis et Applicata*; *Evolutionary Ecology Research*; *Journal of Natural History*; *Molecular Ecology*; *Proceedings of The Royal Society of London Series B-Biological Sciences*; *Journal of The Linnean Society*; *Toxicology Letters*; *Trends in Ecology & Evolution*; *Theoretical Population Biology*; *Australian Journal of Botany*; *Austral Ecology*; *Biogeochemistry*; *Acta Theriologica*; *Integrative and Comparative Biology*.

Tabla 14.7. Los cincuenta países del mundo que publicaron los mayores números de artículos por millón de habitantes en 50 revistas ISI de la especialidad de Ciencias Ambientales entre los años 2000-2004. También se proporciona información del PIB per cápita de los países (año 2002). Se eligió 2002, por representar el punto central del período del estudio. Fuente de datos demográficos y económicos: World Bank, Washington DC<sup>12</sup>.

Nº	País	PIB/cápita US\$ (2002)	Artículos/ millón de habitantes	Nº	País	PIB/cápita US\$ (2002)	Artículos/ millón de habitantes
1	Dinamarca	30260	197,18	26	Kuwait	16340	15,32
2	Finlandia	23890	169,59	27	Eslovenia	10200	13,62
3	Suecia	25970	168,88	28	Hungría	5240	12,67
4	Nueva Zelanda	13250	152,98	29	Argentina	4220	12,25
5	Australia	19530	126,05	30	Italia	19080	11,94
6	Noruega	38730	120,75	31	Jordania	1760	11,93
7	Suiza	36170	118,32	32	Sud Africa	2630	10,95
8	Canadá	22390	85,81	33	Grecia	11660	10,63
9	Reino Unido	25490	78,57	34	Mauritius	3860	9,17
10	Holanda	23390	66,85	35	Japón	34010	9,07
11	Israel	16020	58,38	36	Singapur	21180	8,83
12	Panamá	4020	58,12	37	Gabon	3060	8,51
13	Estonia	4190	52,17	38	Hong Kong	24500	8,33
14	Estados Unidos	35400	49,86	39	Botswana	2990	8,31
15	Bélgica	22940	40,29	40	México	5940	8,07
16	Irlanda	23030	39,71	41	Georgia	720	7,86
17	Austria	23860	34,08	42	Polonia	4670	6,67
18	España	14580	31,91	43	Uruguay	4350	5,91
19	Francia	22240	29,90	44	Eslovaquia	4050	5,55
20	República Checa	5490	24,98	45	Croacia	4620	5,15
21	Alemania	22740	22,93	46	Latvia	3490	5,02
22	Namibia	1830	18,14	47	Lituania	3730	4,89
23	Portugal	10720	17,61	48	Malasia	3550	3,95
24	<i>Chile</i>	<i>4350</i>	<i>17,51</i>	49	Corea, Rep.	11280	3,88
25	Costa Rica	4070	17,38	50	Brasil	2860	3,70

\* [http://unstats.un.org/unsd/cdb/cdb\\_source\\_xrxx.asp?source\\_code=45](http://unstats.un.org/unsd/cdb/cdb_source_xrxx.asp?source_code=45)

La productividad por habitante de Chile en Ciencias Ambientales es más alta que la de algunos países europeos, por ejemplo, Italia con un PIB más de 4 veces mayor y no muy distinta a Alemania con un PIB aún mayor. Los países más prolíficos en cuanto a publicaciones *per capita* en las revistas estudiadas son los países escandinavos, Suiza, Australia y Nueva Zelanda (Tabla 14.7). No deja de ser interesante el hecho que esos países superen con creces a países fuertemente industrializados como EEUU, Japón e Inglaterra. Cabe señalar que el turismo basado en la biodiversidad y bellezas naturales, la agricultura y la silvicultura son componentes importantes de las economías de todos los países con alta productividad en Ciencias Ambientales. A modo de ejemplo, 8,6% del PIB en Australia se deriva del turismo, y esta industria constituye una contribución mayor a la economía que la agricultura y comunicaciones<sup>12</sup>.

En comparación a los demás países de América Latina (Tabla 14.7), las Ciencias Ambientales de Chile se encuentran en muy buen pie. Para el conjunto de las revistas ISI estudiadas, Chile supera (muy

<sup>12</sup> [http://www.tourismvictoria.com.au/strategicplan/plan2002\\_2006/2\\_significance\\_tourism/section2\\_index.htm](http://www.tourismvictoria.com.au/strategicplan/plan2002_2006/2_significance_tourism/section2_index.htm)

marginalmente) a Costa Rica y a todos los países de América Latina, con excepción de Panamá. Sin embargo, hay que recordar que Panamá representa una situación bastante particular; su alta productividad refleja la presencia de un importante instituto extranjero (Smithsonian Tropical Research Institute – STRI) en la Isla Barro Colorado. STRI cuenta con 40 científicos permanentes de alto nivel, muchos estudiantes posdoctorales y 200 científicos y estudiantes visitantes por año. Asimismo, en Costa Rica la “Organization for Tropical Studies” (OTS), consorcio de universidades norteamericanas, ha dado un impulso importante al desarrollo de la Ecología en las últimos 3 décadas. Desde luego, STRI es un buen ejemplo de lo que se puede lograr, cuando existen institutos bien equipados y con financiamiento a largo plazo. Por otra parte, los logros de Costa Rica muestran el valor de una política abierta en cuanto al desarrollo de las ciencias.

Para evaluar las citas ISI del Directorio nos apoyamos en tablas entregadas por *ISI Essential Science Indicators*, donde se pueden encontrar los números de citas esperados al final de 2004 para trabajos publicados en los años particulares del estudio, según los diferentes campos de la ciencia. Estimamos que cerca de 100 de los 819 trabajos ISI (12%) cuentan con citas suficientes como para ubicarlos en el percentil correspondiente al 10% de trabajos más citados. Dado que nosotros registramos las citas de los investigadores a mediados de 2005, se tomó la precaución de aumentar los números esperados para el tiempo de exposición (mayor) basado en proyecciones de 2003. Teniendo en cuenta que la gran mayoría de los trabajos científicos son publicados por países de alto nivel de desarrollo, lograr esta cantidad de trabajos en el primer 10% parece loable, aunque cuando sea evidentemente mejorable.

Finalmente, existen elementos cualitativos que indicarían que las Ciencias Ambientales en Chile son bien percibidas en el escenario internacional. Hay numerosos casos de membresías en comités editoriales de prestigiosas revistas internacionales en el Directorio. Para el quinquenio, aumentó el protagonismo expresado en integrar comités científicos internacionales de alto nivel, como DIVERSITAS, GTOS, GMBA; sus miembros han recibido premios de gran prestigio (por ejemplo: Mercer Award, Ecological Society of America – 1996; Premio IFS/King Baudouin – 1996; Premio L’Oreal-UNESCO-1998; “Outstanding paper in the discipline of Landscape Ecology” -2001; Premio BBVA de Investigación Científica en Biología de Conservación- 2004), así también altos honores internacionales (Academia de Ciencias –EEUU– 1 miembro, TWAS- 2 miembros) y becas prestigiosas (Beca Guggenheim– 3 miembros). En resumen, es razonable concluir que las Ciencias Ambientales en Chile han evolucionado en forma satisfactoria durante el último quinquenio, tanto en América Latina, como en el mundo.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones de este análisis son:

- 1) El Directorio de Científicos Activos de Ciencias Ambientales está constituido por 170 investigadores, lo que representa un aumento neto de 68 personas en comparación con la década anterior, y 8% del total de científicos activos de Chile. Sus integrantes son generalmente más jóvenes que en la década anterior, con una representación femenina proporcionalmente creciente (25%), valor similar a los EEUU, pero considerablemente más bajo que el de Europa donde es más de 40%.
- 2) El 80% de los científicos incluidos en el Directorio posee doctorado, lo que significa un aumento de 20% con respecto al período anterior; 49% de los doctorados fueron conferidos por instituciones académicas chilenas. El 27% de los miembros del Directorio tiene además estudios de posdoctorado en Chile o el extranjero.
- 3) La Ecología y las Ciencias Vegetales son las subdisciplinas con mayor número de investigadores en Ciencias Ambientales. Aunque existe un cierto progreso hacia la descentralización, reflejado en la distribución de los científicos activos en 26 instituciones del país, aún existen grandes desequilibrios en la dotación de científicos de las distintas subdisciplinas y áreas de investigación

en las regiones administrativas del país. Las subdisciplinas y áreas de investigación más aplicadas no han experimentado la misma tasa de desarrollo que las subdisciplinas y áreas de ciencia básica. Todavía 80% de investigadores se concentran sólo en tres regiones del país. Las regiones del norte de Chile son las más desprovistas en cuanto a científicos calificados en la disciplina. Las principales áreas emergentes durante esta década son la Ecología Evolutiva, la Palaeoecología y la Sistemática y Genética Molecular, aunque aún limitadas por el número de sus practicantes.

- 4) La productividad de Ciencias Ambientales para el quinquenio 2000-2004 (sin contar trabajos en prensa y aceptados) consiste en 819 trabajos ISI publicados en 272 revistas, lo que significa un aumento de 98% respecto al período anterior. Esta cifra se traduce en 52,5 trabajos ISI por millón de habitantes y representa 6,3% del total de trabajos ISI publicados en el país. A esta productividad se suma una gran diversidad de libros, capítulos de libros, y trabajos en Scielo, con un total de 1.237 publicaciones sin contar otros trabajos no-Scielo con comité editorial. El 31,8 % de trabajos en *Science* y *Nature* con autores chilenos corresponden a científicos del área de Ciencias Ambientales. El número de trabajos ISI por investigador fluctúa entre 1 y 61, con un valor de la mediana de 5, cifra que sube a 9 al incluir capítulos de libros, libros y trabajos Scielo. Las citas ISI acumuladas por investigador varían entre 0-366, con un valor de la mediana de 13, dando un total de citas de 3.030 para el Directorio completo. Los trabajos más citados generalmente tienen múltiples autores y son el producto del trabajo de colaboración entre científicos de varios países.
- 5) Entre 2000 y 2004, los científicos activos en Ciencias Ambientales financiaron su trabajo de investigación con un promedio de US\$ 7,2 millones al año, lo que incluyó unos US\$ 4,6 millones de fondos estatales. La tasa de publicaciones ISI entonces, es 22,8 por millón de dólares asignados a nuestros laboratorios. Para 2002, año para el cual existen datos desglosados, los fondos asignados a la disciplina representan apenas 2% del total de fondos estatales dedicados a investigación y desarrollo. Estos montos apoyaron, además de proyectos de investigación y becas, el establecimiento de dos Centros Regionales de Investigación, un Centro Fondap, y dos Núcleos Milenio, cuya misión es apoyar la formación científica de alto nivel en ecología y ciencias ambientales, tanto como generar conocimientos relevantes para la resolución de problemas asociados al creciente impacto sobre los recursos biológicos y los ecosistemas.
- 6) En el quinquenio, el número de programas de posgrado se duplicó y los ingresos a los programas de pre y posgrado crecieron notablemente. Sin embargo, e incluyendo los magísteres, solamente unos 30 alumnos al año reciben un título de posgrado en Ciencias Ambientales. Los doctorados conferidos (48% de los titulados en posgrado) corresponden a 7% para el total en Chile.
- 7) Los científicos de Ciencias Ambientales pertenecen a 12 sociedades nacionales y más de 100 sociedades científicas internacionales. Integran varios comités internacionales de alto nivel (DIVERSITAS, GTOS, GMBA) y han sido recipientes de tres Cátedras Presidenciales. Varios de ellos han recibido premios y altos honores internacionales en el período (Academia de Ciencias de Estados Unidos, Academia de Ciencias del Tercer Mundo).
- 8) Con respecto a la inserción internacional, para un número grande de revistas ISI de corriente principal de la disciplina, se llega a la conclusión que las Ciencias Ambientales de Chile se ubican en el lugar 24 entre 142 países del mundo en relación al número de artículos *per capita*, una posición cercana a algunos países desarrollados de Europa. Según la tendencia general mundial, la productividad en Ciencias Ambientales para el período está por sobre lo esperado en relación al PIB per cápita. Aproximadamente 12% de los trabajos ISI caen en el rango del 10% superior en la disciplina con respecto a citas ISI recibidas.
- 9) Respecto a otros logros del período destacan los siguientes: a) ecólogos chilenos lograron conseguir la conservación de 68,000 ha de ecosistemas subantárticos en Tierra del Fuego en una propiedad privada; b) se puso en marcha un Programa Sectorial en la II Región para avanzar el

conocimiento de ecosistemas y biodiversidad regional; c) hubo una participación activa de científicos del área ambiental en la realización del Catastro Vegetacional de Chile de CONAMA-CONAF-BIRF; d) se publicó el Libro Rojo de la flora de la IV Región; e) se llevó a cabo el primer diagnóstico de la biodiversidad chilena; f) se establecieron tres nuevas estaciones de campo para apoyar la investigación; g) una proporción grande de territorio chileno ha sido reconocido como un Hotspot Mundial de la Biodiversidad por la comunidad científica internacional; g) Se puede afirmar, además que las Ciencias Ambientales han tenido una creciente participación en la educación ambiental a lo largo del país y un protagonismo científico a nivel nacional e internacional.

Cabe preguntarse entonces ¿qué pasos deberían darse para que la pendiente positiva de la productividad científica en Ciencias Ambientales en el período examinado continúe durante la próxima década? y ¿qué es lo que falta para que las Ciencias Ambientales contribuyan de una manera más decidida al desarrollo del país? Es muy claro que la investigación básica es necesariamente el primer eslabón de la cadena, pero esta cadena no debería terminar allí.

A nuestro modo de ver, para enfrentar esos desafíos se requiere tanto medidas “top down”, vale decir, visión y acción por parte de las autoridades responsables del desarrollo de las ciencias en Chile, como “bottom up”, es decir esfuerzos innovadores desde el interior de la comunidad científica. Todo ello, ojalá en el contexto de un “proyecto país” cuyo objetivos duales serían realzar las bondades de los ecosistemas y la biota del país mediante la práctica de ciencia de primer nivel, y a la vez canalizar los resultados científicos para el bienestar del medio ambiente y desarrollo socio-económico de Chile.

En cuanto a medidas “top down” se requiere mayor reconocimiento por parte del Estado de que *las ciencias ambientales y en particular la conservación de la biodiversidad, son fundamentales para el desarrollo socio-económico del país, en particular el fortalecimiento de la industria del turismo, el manejo ecológico de las plantaciones agro-forestales, la mantención de servicios ecosistémicos críticos en un país montañoso como son la protección de las cuencas y el abastecimiento hidrológico, y la certificación ecológica de los productos derivados del uso de recursos biológicos.* De acuerdo con los indicadores cuantitativos presentados, para alcanzar el nivel de productividad científica per cápita de países desarrollados de similar tamaño y nivel de dependencia de recursos biológicos y servicios ecosistémicos, como Nueva Zelanda, Australia o Dinamarca, por ejemplo, se requiere una infusión estimada en becas de posgrado y fondos de apoyo para la investigación científica básica y aplicada que en términos monetarios representa 3 a 4 veces más que la inversión actual, es decir unos 25 millones de dólares anuales (comparado con un promedio de 7,1 millones de dólares anuales para el período analizado). Una inyección de por lo menos 50% de ese presupuesto durante los próximos cinco años constituiría un paso significativo para elevar las disciplinas ambientales cerca del nivel de España, por ejemplo. Una proporción importante de nuevos fondos debe dedicarse a la formación de científicos jóvenes, y tal vez, a apoyar su inserción laboral. El modelo MECESUP que exige la incorporación gradual de los posdoctorantes a la planta académica, nos parece muy valioso.

Al mismo tiempo, pensamos que se requiere una cartera de instrumentos, modalidades y prioridades más amplia para distribuir los fondos de investigación del país. En primer lugar, aunque valoramos el apoyo de los proyectos específicos de FONDECYT, el excesivo apego a esta modalidad podría ser insuficiente a largo plazo. En las Ciencias Ambientales hay etapas básicas cuyo cumplimiento es fundamental para el desarrollo equilibrado y eficiente de las etapas más avanzadas. A modo de ejemplo, si bien el catastro y conocimiento de la posición taxonómica y distribución de plantas y animales terrestres han avanzado en la década precedente, el progreso ha sido muy lento. La fauna acuática continental tampoco ha tenido un esfuerzo de estudio coordinado y concertado a lo largo del país siendo en estos momentos más detallado el conocimiento asociado a las universidades y centros de estudio regionales, por ejemplo en la región de los Lagos con los esfuerzos de la Universidad Austral y en la VIII Región gracias

a la presencia de la Universidad de Concepción. Sin embargo esfuerzos notables de investigadores de la Universidad de Chile, Universidad Católica de Valparaíso, entre otras del centro del país, también han permitido evaluar al menos parcialmente el estado ambiental de cuerpos de agua de la región Metropolitana. En resumidas cuentas, la puesta al día del conocimiento biológico básico de los diferentes grupos de organismos, representa un difícil desafío para la ciencia nacional, principalmente por la ausencia de incentivos, falta de especialistas y porque los criterios para acceder a las fuentes de fondos en el país excluyen actualmente la práctica de la taxonomía básica y el desarrollo de inventarios biológicos. Esto ha conducido a la gradual extinción de este tipo de destrezas y limitan fuertemente el aporte de los científicos nacionales al desarrollo de la estrategia nacional y regionales de la Biodiversidad, elaboradas por la CONAMA, que carecen por lo tanto de fundamentos sólidos sobre el estado de la biodiversidad en Chile. En ese mismo contexto se lamenta la ausencia de un estudio comprensivo y actualizado del estado de conservación de las especies de plantas y animales del país. Constatamos así que los esfuerzos para completar el inventario de la biodiversidad de las áreas protegidas del país, que según las recomendaciones del reciente informe OECD-2005, debería constituir una prioridad nacional, se desarrollan en forma lenta y con capacidades técnicas limitadas. Es notable, como se pone de manifiesto en la publicación reciente de catálogos completos y actualizados de la flora vascular, que el conocimiento de la biodiversidad en otros países latinoamericanos cuyo nivel de desarrollo es similar o menor a Chile, como Argentina, Perú y Ecuador, ha progresado en forma mucho más rápida que en Chile. De acuerdo con el informe OECD-2003, nos parece que el inventario biológico del país, que es la base fundamental para prácticamente todas las áreas de investigación avanzada en Ecología y Ciencias Ambientales, así como para el cumplimiento de las metas ambientales del país, debe constituir una prioridad nacional. Es ilusorio pensar que se pueda completar el inventario y la redacción de monografías, a través de proyectos de investigación específicos. Nos parece fundamental que el país trace un plan de acción que asegure que las etapas más básicas, iniciadas con mucho esfuerzo y entrega por los grandes naturalistas del siglo pasado, y llevados a cabo con dedicación y seriedad por la presente generación, lleguen a un feliz término dentro de la próxima década.

Un punto estrechamente relacionado con lo dicho en el párrafo anterior se refiere a la limitada visión y entendimiento de la relevancia de las Ciencias Ambientales para el desarrollo socio-económico de Chile. Si bien son deseables los avances tecnológicos convencionales y la biotecnología, las Ciencias Ecológicas también puedan hacer importantes contribuciones a la economía y en este sentido, deben tener un desarrollo equilibrado con las demás disciplinas. Una de las áreas destacables es la relación de la ecología con la industria del turismo, que en la última década ha estado creciendo a una tasa de 10% anual en Chile<sup>13</sup>. Fortalecer el turismo realizando la biodiversidad chilena traería además beneficios para el medio ambiente, la reputación internacional de Chile y el desarrollo de los pueblos locales. Ojalá que los programas Chile Innova y el nuevo Fondo del Cobre dedicados al desarrollo tecnológico y económico reconocieran este punto de modo tal que se amplíe el concepto de innovación que se está manejando en el país en estos momentos.

Un aspecto crítico para el desarrollo y fortalecimiento de la investigación y entrenamiento en Ecología y Ciencias Ambientales es la ausencia de un programa de fondos para mantener sitios de estudio permanentes en el campo (estaciones biológicas), incluyendo la infraestructura y equipamiento de laboratorios en terreno. En el diagnóstico de las publicaciones, se puede constatar que el tema de cambio climático, ya sea con respecto a las tendencias futuras asociadas al calentamiento atmosférico, o a la predicción de los ciclos del Niño, son de alto interés en la comunidad científica y el público en general en la actualidad. El conocimiento de las tendencias y variaciones climáticas tiene además consecuencias económicas importantes para un país sujeto a periódicas catástrofes ambientales (sequías e inundaciones) y dependiente de recursos hidroeléctricos y agro-forestales. Para que estudios del clima pasado y futuro y sus consecuencias ambientales tengan máxima relevancia, es fundamental implementar estudios de largo

---

<sup>13</sup> [http://www.chile.com/tpl/articulo/detalle/ver.tpl?cod\\_articulo=68368](http://www.chile.com/tpl/articulo/detalle/ver.tpl?cod_articulo=68368).

plazo, y concentrar los esfuerzos en sitios dotados de infraestructura mínima para la continuidad de los registros y mediciones y que reúnan las capacidades de científicos de varias disciplinas. El impacto de estaciones biológicas bien equipadas ha sido especialmente notable en el desarrollo de las Ciencias del Mar en el país. Por razones diversas, una inversión de este tipo no se ha concretado en Ecología y Ciencias Ambientales, a pesar del hecho que existe un programa internacional LTER (Long Term Ecological Research) que funciona ya por más de una década y que ha manifestado en varias oportunidades a los científicos chilenos su interés por integrar a la red sitios de estudio en Chile. Tales sitios permitirían cubrir un enorme rango latitudinal que no está presente en otros territorios del hemisferio sur, facilitando las comparaciones de tendencias inter-hemisféricas. En Ecología en particular, es cada día más evidente la necesidad de realizar estudios comparativos de gran escala, basados en redes de sitios experimentales en ecosistemas representativos en distintos países. Ello permite contrastar tendencias climáticas generales de efectos locales, reconocer interconexiones biológicas y físicas entre ecosistemas, y monitorear las tendencias de largo plazo a nivel poblacional y ecosistémico (Armesto, 1990). Las estaciones constituyen además centros de discusión inter-disciplinarios y valiosos espacios de diálogo entre los investigadores y la comunidad local (Rozzi et al., 2000), así facilitando la transferencia del conocimiento científico.

En el estudio que hemos presentado, es evidente que la descentralización sigue siendo un problema serio en Ecología y Ciencias Ambientales. El establecimiento de Centros Regionales por CONICYT y la promoción de redes de colaboración inter-institucional bajo el marco de la Iniciativa Científica Milenio indudablemente constituyen grandes avances hacia descentralización y consolidación de las disciplinas ambientales. Sin embargo, en lo que se refiere al impacto y planificación del desarrollo en relación al medioambiente y calidad de vida hay vacíos notables. La casi ausencia de científicos en ciencias ambientales en las regiones I, II y III es grave puesto que estas áreas del país albergan floras, faunas y ecosistemas distintos a los de Chile central-sur. Son éstas las regiones del país donde se desarrollan grandes proyectos mineros que requieren la vigilancia de las acciones de mitigación, control de contaminación, y restauración de vegetación y ecosistemas acuáticos. Hasta ahora, las necesidades de información y control se traducen en contratos privados con consultoras de dudosa capacidad técnica. Es necesario que el país enfrente esos desafíos en forma orgánica, a través de consorcios entre empresas e instituciones académicas sólidas y permanentes, bajo objetivos de largo plazo establecidos en forma colectiva. En particular necesitamos saber los umbrales sobre los cuales los ecosistemas que sufren grandes perturbaciones debido al desarrollo, empezarán a desestructurarse. La Palaeoecología y la Ecología de Comunidades y Ecosistemas son áreas de investigación críticas para responder esas preguntas. Durante el período examinado, hemos podido percibir una emergencia paulatina y parcial de áreas temáticas aplicadas, así como también de temas relevantes al manejo sustentable de los ecosistemas. La incorporación de esas temáticas en los centros académicos sin duda reportará beneficios y consolidación de líneas de investigación relevantes al desarrollo regional.

Remitiéndonos ahora, a las acciones tipo “bottom-up”, es evidente que corresponde a cada científico reflexionar sobre sus futuras contribuciones de una manera más efectiva para el desarrollo de las ciencias ambientales en Chile. En este trabajo hemos establecido varios indicadores cuantitativos que esperamos sean de utilidad para las instituciones del país y sus investigadores, así también para detectar los avances en futuros estudios de la naturaleza del presente. Cerrar la brecha entre la productividad individual y las metas de investigación y desarrollo institucionales, nos parecen objetivos importantes para las ciencias ambientales. Equilibrar la producción de libros, capítulos de libros y trabajos ISI es otro punto relevante, teniendo en cuenta, que los capítulos de libros son leídos con menor frecuencia, y consecuentemente, mucho menos citados. Aumentar la fracción de trabajos que caen en los rangos superiores de citas es un desafío importante para una mejor inserción de las ciencias ambientales en el escenario internacional. Al respecto, los trabajos ISI más citados tienden a ser el producto de redes de colaboración nacional e internacional. De allí se concluye que son fundamentales las oportunidades que permiten a investigadores nacionales, especialmente los jóvenes, establecer contactos internacionales. Los concursos FONDECYT actualmente no financian viajes a laboratorios fuera de Chile.



Es axiomático que los científicos han sido exitosos globalmente en desarrollar indicadores para medir el impacto de sus publicaciones científicas, los que tienden a dominar cuando se trata de evaluar el rendimiento de un científico. Sin embargo, se han descuidado las maneras de evaluar los llamados “Otros Logros”, es decir los impactos en la sociedad. El mero hecho que dichos logros tienden a clasificarse como “Otros” es muy revelador. Nos parece muy importante contar con mediciones del impacto de las publicaciones de utilidad para los encargados de la conservación, manejo y uso de los recursos naturales, las acciones de “outreach”, y los logros concretos en el ámbito de la conservación. Si bien los libros no son ampliamente citados en ISI, los textos que sintetizan la investigación y conocimiento de los ecosistemas chilenos, así como las propuestas de teorías y modelos innovadores derivados del trabajo de los científicos nacionales son fundamentales como instrumentos para llegar al público en general. En este sentido, hace falta crear un fondo para apoyar este tipo de publicaciones (por ejemplo FONDECYT no financia libros). En esta misma línea, un impacto difícil de evaluar es aquel que tendrían los miembros incluidos en el Directorio sobre la toma de decisiones, el manejo de los recursos naturales en Chile y los procesos productivos. Es decir cuál es el retorno efectivo para el gobierno chileno a partir de la inversión en ciencias ambientales. Son numerosos los investigadores y grupos de investigación de las universidades y otras instituciones que se involucran en estudios de factibilidad, líneas de base para el desarrollo de proyectos, etc. Es también relevante la información que es a menudo requerida por instituciones estatales para la toma de decisión en cuanto al uso de recursos naturales por ejemplo, el recurso agua por parte de la DGA (Dirección General de Aguas), la Subsecretaría de Pesca para implementar la legislación de pesca recreativa en aguas continentales, la CONAMA para el desarrollo de un catastro de áreas prioritarias para la conservación, etc. En resumen, será necesario que Chile desarrolle indicadores apropiados para determinar el rol de las ciencias ambientales en esos aspectos y así estimular la valoración de esta área científica en el desarrollo social y económico directo del país.

Basándonos en el contenido de las publicaciones hemos constatado una limitada integración de áreas de investigación complementarias al interior de los centros de investigación, y también entre distintos centros académicos del país. La integración disciplinaria es fundamental para abordar problemas del medio ambiente. La incomunicación es tal vez una consecuencia de la característica parcializada de la formación universitaria en el siglo 20 a la que se suma la prominencia del sistema de financiamiento de proyectos individuales de CONICYT que tiende a fomentar la atomización del conocimiento en lugar de integrar especialidades. En particular, los programas FONDAP, centros Milenios, Anillos de Investigación y otras iniciativas afines son buenas oportunidades para equilibrar la situación, pero ello, evidentemente requiere la voluntad de los actores, en este caso nosotros los científicos. Debido a la falta de integración entre especialistas, y a pesar que la inversión en el conocimiento de los ecosistemas terrestres chilenos se ha incrementado, es aún incipiente nuestra capacidad de manejar sistemas ecológicos complejos y nuestro poder de recuperar ecosistemas fuertemente degradados por el impacto humano, especialmente en regiones semiáridas y mediterráneas. De la misma forma, la interfase entre ecólogos terrestres y acuáticos (marinos y de agua dulce), que reviste especial significado en un país con las características ecológicas de Chile, sólo recientemente ha comenzado a explorarse en un pequeño número de centros académicos. En el país hacen falta más mecanismos para fomentar las interacciones mediante talleres de trabajo periódico y la formación de redes interinstitucionales surgidas de temáticas de interés común.

En otro ámbito, nos parece que ha llegado el momento para abrir en Chile un diálogo franco sobre la interacción entre científicos y empresas, de modo de contribuir positivamente a la resolución de los conflictos ambientales, que suelen ser recurrentes en los países en desarrollo. Este tema representa un desafío importante para la ecología y las ciencias ambientales en el país. En relación a la inserción armoniosa de los científicos en el quehacer nacional, dado que las expectativas de los ciudadanos del país y de los mercados internacionales en materia del medio ambiente son cada vez más exigentes, es notable que las sociedades científicas chilenas no hayan considerado el desarrollo de mecanismos de certificación de la capacidad técnica de los investigadores y de las numerosas consultoras privadas que existen. Esta

modalidad iría en directo beneficio del sector privado pues aseguraría un “control de calidad” de los estudios de impacto ambiental y menos conflictos ambientales.

Las proyecciones futuras indican que las ciencias ambientales adquirirán en las décadas venideras aún más relevancia nacional y mundial, tanto científica como ecológica y económica. Holmgren & Schnitzer (2004), en su trabajo reciente sobre el desarrollo de las ciencias en los países en desarrollo, afirma que “*climate change and biodiversity research urgently need the scientific input from those developing countries that are so important for global processes*”. También dicen que “*there are now examples in which research on priority areas for developing nations can actually become pioneering work in areas neglected in the research agenda of the industrialized world*”. Western (2001) sostiene que las Ciencias Ambientales serán determinantes de la evolución de nuestra relación, como sociedad, con el entorno biótico, incluyendo plantas, animales y sistemas ecológicos, y hace ya tiempo que Lubchenco (1998) pidió un “*new contract between science and society*”. Los profundos cambios en el paisaje, la constitución química de la atmósfera y las pérdidas de diversidad que derivan de la creciente demanda por energía y recursos naturales en países emergentes y pujantes, son problemas que deberemos resolver como sociedad. Los científicos de ciencias ambientales debemos estar preparados para contribuir a esta tarea colectiva generando conocimiento científico del más alto nivel, a la vez encontrando los caminos para que dicho conocimiento sea útil.

### Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda desinteresada de Carolina Henríquez, Ana María Humaña, Soledad Muñoz, Daniela Domínguez y Paola Jara, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. También extendemos nuestros agradecimientos a Jorge Tomasevic, Marco Figueroa, Constanza Celedón, Paulina González y Bárbara Saavedra por la ayuda profesional prestada en diferentes etapas del del trabajo.

### Bibliografía

- Allende J & Ureta T (eds). (1997) *Directorio 1997-1997*. Academia Chilena de Ciencias, Santiago. 286 páginas.
- Armesto JJ (1990) Estudios a largo plazo: una prioridad para la investigación ecológica de hoy. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 7-9.
- Armesto JJ, Rozzi R, Smith-Ramirez C & Arroyo MTK (1998) Conservation targets in South American temperate forests. *Science* 282: 1271-1272.
- Arroyo MTK (1997) Sustainable forestry and biodiversity conservation in the Río Cóndor Project. En (Raven PH, ed) *Nature and Human Society. The Quest for a Sustainable World*, Páginas 530-542. US National Academy of Sciences Press, Washington DC.
- Arroyo MTK, Rozzi R, Simonetti JA, Salaberry M (1999) Central Chile. En Mittermeier RA, Myers N, Mittermeier CG (eds) *Hotspots. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Páginas 161-171. Mexico City, CEMEX.
- Arroyo MT, Marticorena C, Matthei O, Cavieres L (2000) Plant invasions in Chile: present patterns and future predictions. En Mooney HA & Hobbs R (eds) “*Invasive Species in a Changing World*”, Páginas 385-421, Island Press, New York.
- CONAF-CONAMA-BIRF (1999) Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. CONAF-CONAMA, Santiago.
- Fuentes E, Fuenzalida H, Gross P, Maldonado P, Ormazábal C, Sancha A, Trier A (1993) Ciencias Ambientales en Chile: Diagnóstico y Proyecciones. En Allende J & Ureta T (eds.) *Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena*. Academia Chilena de Ciencias, Santiago.

- Jaksic FM., Iriarte JA, Jiménez JE, Martínez R (2002) Invaders without frontiers: cross-border invasions of exotic mammals. *Biological Invasions* 4 (1-2): 157-173.
- Handelsman J, Cantor N, Carnes M, Denton D, Fine E, Grosz B, Hinshaw V, Marrett C, Rosser C, Shalala D, Sheridan J. (2005) More Women in Science. *Science* 309 (5738): 1190-1191.
- Holmgren M, Schnitzer SA (2004) Science on the rise in developing countries. *PLoS Biology* 2 (1): 10-13.
- Lara A, Soto D, Armesto JJ, Donoso P, Wernli C, Nahuelhual L, Squeo FA (2003) *Componentes Científicos Clave para una Política Nacional Sobre Usos, Servicios y Conservación de los Bosques Nativos Chilenos*. Universidad Austral de Chile, Iniciativa Científica Milenio de Mideplan, Valdivia. 134 pp.
- Lubchenco J (1998). Entering the century of the environment: a new social contract for science. *Science* 279: 491-497.
- Myers N, Mittermeier RA, Fonseca G, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Rozzi R, Silander J, Armesto JJ, Feinsinger P, Massardo F (2000) Three levels of integrating ecology with the conservation of South American temperate forests: the initiative of the Institute of Ecological Research Chiloé, Chile. *Biodiversity and Conservation* 9: 1199-1217.
- Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE, Lozada E (eds) (1995) *Diversidad Biológica de Chile*. CONICYT, Santiago, xii + 364 pp.
- Squeo FA, Arancio G, Gutierrez F (eds) (2000) “*Libro Rojo de la Flora Nativa de la región de Coquimbo y de los sitios prioritarios para su conservación*”, Ediciones de la Universidad de La Serena. 388 páginas.
- Western D (2001) Human-modified ecosystems and future evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98: 5458-5465.