

## Visión de la investigación en Chile a través de algunos indicadores epistemométricos

A vision of research in Chile through some scientometric indicators

MANUEL KRAUSKOPF<sup>1</sup> y ANA MARIA PRAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile; y

<sup>2</sup> Dirección de Información y Estudios, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago, Chile.

Scientific productivity in Chile was studied examining a data bank constructed with the publications indexed by the Institute for Scientific Information during 1987 and 1988. The bank excludes meeting abstracts and contains the full title of the published paper, the list of authors, addresses, field, and the nature of collaboration between two or more institutions. The articles were classified in different fields and tabulated according to the institution from which they originated. Although biology remains to be the more productive subject (26.5%) followed by medical sciences (23.9%) and chemistry (12.3%), articles in mathematics and physics continued their increase as in previous years.

Using the scientometric indicators published by Braun *et al.* (see refs. 14-17), the impact of the research originated in Chile in biology, physics and mathematics was compared to that attained in Argentina, Brazil, Mexico and Venezuela.

The role of the Chilean National Research Fund and the output of the financed research projects were also analyzed. The successful results obtained during the first years in which the National Research Fund has been involved in the support of the scientific activity in Chile, confirms the need to strengthen its budget, according to the goals stated in the National Plan for Science and Technology for Development.

### INTRODUCCIÓN

La evaluación de la actividad científica (y la de los científicos) adquiere cada vez más relevancia y más complejidad (1).

El conocimiento adquirido puede expresarse de variadas formas, algunas de ellas esencialmente intangibles, especialmente aquellas en que la existencia de nexos espa-

ciados e intrincados impiden delinear con claridad la relación entre la creación y recreación intelectual y el beneficio social y cultural que generan. Consecuentemente, la medición del producto de la investigación científica conlleva limitaciones que, sin invalidar los resultados, deben cautelarse adecuadamente en la interpretación de ellos.

No obstante lo anterior, la necesidad de medir cuantitativa y cualitativamente la productividad científica alcanza hoy día a todos los niveles de la organización de la ciencia. La concepción del conocimiento como un todo proviene por esencia del ser humano y constituye el producto que configura y determina las posibilidades de progreso de los países. Esta situación se hace más palmaria con el advenimiento de la sociedad postindustrial. La comprensión de esta realidad implica compromisos explícitos para consolidar el clima que la ciencia requiere. La inversión que demanda el quehacer investigativo no es despreciable.

### ABREVIATURAS

ISI: Institute for Scientific Information, Philadelphia, USA; ASCA: Automatic Subject Citation Alert; UCH: Universidad de Chile; PUC: Pontificia Universidad Católica de Chile; U. de C.: Universidad de Concepción; UCV: Universidad Católica de Valparaíso; UTFSM: Universidad Técnica Federico Santa María; USACH: Universidad de Santiago de Chile; UACH: Universidad Austral de Chile; UN: Universidad del Norte; UV: Universidad de Valparaíso; UA: Universidad de Antofagasta; ULS: Universidad de La Serena; UBB: Universidad de Bío-Bío; UFRO: Universidad de la Frontera; UMAG: Universidad de Magallanes; U. Talca: Universidad de Talca; UAT: Universidad de Atacama; UTA: Universidad de Tarapacá; UMCE: Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación; UPACE: Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación; IPO: Instituto Profesional de Osorno.

El Estado, el sector privado y la sociedad toda deben conocer los resultados que se obtienen, entender su efecto y retroalimentar el sistema. A su vez, la organización de la ciencia precisa objetivar al máximo la productividad de éste y la de los investigadores. Sólo así puede perfeccionar los mecanismos que garanticen la obtención de los resultados que la sociedad espera de la búsqueda a través del método científico.

La actividad científica chilena se ha estudiado a través de las publicaciones que conforman la literatura de corriente principal y que identifican a Chile como, al menos, uno de los países donde se ejecutó la investigación (2-6). También se ha examinado el desarrollo científico y tecnológico a través del número de autores que publican en la literatura de corriente principal (7, 8).

En el presente trabajo se comunica la presencia de las publicaciones chilenas en el bienio 1987-88 y se examinan otros indicadores epistemométricos (6) que permiten enriquecer nuestra intelección respecto al impacto que la ciencia que se origina en el país genera, y su relación con la productividad cuantitativa y cualitativa de otros países de la región. Se estudian, además, los resultados de FONDECYT en sus primeros seis años de funcionamiento.

#### PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO

Se adquirió el sistema ASCA del Institute for Scientific Information (ISI) (Philadelphia) con el registro de todas las publicaciones que identificaban a Chile en la dirección de alguno de sus autores. Las referencias registradas en el período 1987 y 1988 fueron analizadas individualmente y archivadas de acuerdo a la clasificación por disciplinas científicas y tecnológicas usadas por FONDECYT, de manera similar a lo realizado en estudios anteriores (2-6). No obstante, a partir de este trabajo el archivo magnético incluye el título completo de cada artículo, el nombre de los autores, la referencia bibliográfica, la disciplina principal y secundaria, la dirección completa de los autores y la naturaleza de la colaboración en los casos pertinentes. Específicamente se define si la colaboración es entre instituciones chilenas o con investigadores en el extranjero.

Para la construcción del banco de datos se usó el programa *The Manager* del sistema *Sci-Mate* del ISI. Los datos se procesaron usando el mismo programa y *Pro-Cite* (PBS, Inc.) en un computador

PC compatible. El banco omite las presentaciones a congresos que son registradas en el sistema ASCA (2-6). La incorporación de la referencia a un período anual de ASCA no coincide necesariamente con la fecha exacta de la anotación bibliográfica (6).

La información acerca de los recursos utilizados por FONDECYT y la productividad de los proyectos se obtuvo de la Dirección de Información y Estudios de CONICYT.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se clasifican las publicaciones científicas originadas en Chile y registradas en el bienio 1987-1988. Se omiten las presentaciones a congresos que incluye el servicio ASCA del ISI, criterio utilizado anteriormente para dimensionar la productividad científica chilena (2-6) y en el diseño de indicadores epistemométricos para el análisis de la actividad científica en diversos países (7, 12, 14-18).

Al igual que en el bienio 1985-86 (5), esencialmente 18 universidades contribuyeron con más del 80% de las publicaciones. Aunque en 1988 las llamadas instituciones de educación superior derivadas incrementaron notoriamente su aporte, de un 3,8% (5) a un 5,7%, más del 90% de la productividad científica así medida continúa concentrándose en un tercio de las universidades que reciben aporte estatal.

La tendencia creciente en el número de publicaciones observadas en el bienio anterior (5) se mantuvo, superándose en 1988 la productividad de los años anteriores. Concurren a este incremento tanto los centros universitarios como otras instituciones. Estas últimas crecen casi a la par de todo el sistema. En el bienio comienza a aparecer en los registros de ASCA el *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*. No obstante, el aumento de las publicaciones se debe en menos de un tercio a la inclusión de esta revista en los índices de la literatura de corriente principal.

La Universidad de Chile prosigue con el liderazgo produciendo algo menos que el 50% del conjunto universitario chileno. Le sigue la Pontificia Universidad Católica de Chile con aproximadamente la mitad de las publicaciones de la Universidad de Chile. En tercer lugar se ubica la Universidad Austral de Chile, lugar que comparte

con la Universidad de Concepción en 1988. Al comienzo del bienio la Universidad Técnica Federico Santa María mantiene el aumento de la contribución relativa que alcanzó en 1986 (5) y la Universidad de Santiago de Chile recupera en 1988 los niveles que había conseguido en 1985 en relación al número de artículos registrados. La Universidad Católica de Valparaíso permanece en el séptimo lugar (5) y la Universidad del Norte es nuevamente igualada o superada por universidades de las llamadas derivadas, destacándose entre éstas la Universidad de la Frontera, que en 1988 registra casi igual número de publicaciones que la Universidad Católica de Valparaíso.

TABLA I

Artículos originados en Chile durante el bienio 1987-88

	1987	1988
UCH	390 (49,9)	398 (45,6)
PUC	171 (21,9)	214 (24,4)
U. de C.	54 (6,9)	69 (7,9)
UCV	14 (1,8)	16 (1,8)
UTFSM	32 (4,1)	24 (2,7)
USACH	22 (2,8)	26 (3,0)
UACH	62 (7,9)	69 (7,9)
UN	3 (0,4)	8 (0,9)
UV	5 (0,6)	6 (0,7)
UA	5 (0,6)	6 (0,7)
ULS	2 (0,3)	1 (0,1)
UBB	2 (0,3)	0
UFRO	7 (0,9)	15 (1,7)
UMAG	2 (0,3)	1 (0,1)
U. TALCA	1 (0,1)	3 (0,3)
UAT	0	1 (0,1)
UTA	2 (0,3)	3 (0,3)
UMCE	6 (0,8)	3 (0,3)
UPACE	2 (0,3)	4 (0,5)
IPO	0	7 (0,8)
Total U <sup>a</sup>	782	874
Otras	192 (20,0) <sup>b</sup>	183 (17,7) <sup>b</sup>
Total	961	1.032

Las cifras entre paréntesis indican % respecto al total de publicaciones por año a las que concurren el conjunto de instituciones de educación superior (Total U).

Otras: Instituciones que no pertenecen al sistema de educación superior.

<sup>a</sup> El total representa la suma de la participación efectiva de cada universidad o instituto en la publicación de un artículo, el que no necesariamente coincide con el número de artículos publicados.

<sup>b</sup> % respecto al total de artículos publicados en el año correspondiente por todas las instituciones.

El orden de las instituciones de educación superior corresponde al establecido por el Consejo de Rectores y se sustenta en la fecha de fundación de la Casa de Estudios.

Para dimensionar la actividad científica en el país se ha usado también el número de primeros autores de las publicaciones que registra el ISI (7, 8). Aunque la naturaleza de las publicaciones implicadas en este tipo de estudios es algo distinta por cuanto incorpora los resúmenes a congresos, el orden de participación y contribución de las universidades al sistema es similar al que se obtiene con el análisis directo de los artículos. Díaz (8) analizó lo ocurrido entre 1967 y 1986 en Chile y define el aporte de cada Casa de Estudios en las dos décadas consideradas, obteniendo un perfil similar al de los indicadores epistemométricos de la Tabla I.

#### *Productividad en las disciplinas científicas y tecnológicas*

Las publicaciones registradas en el bienio 1987-1988 se clasificaron por disciplina científica o tecnológica (Tabla II). A diferencia de los años anteriores (2-5) la pauta utilizada correspondió al código de disciplinas adoptado por FONDECYT, el que difiere levemente del usado en los estudios previos (9). El cambio más importante reside en la incorporación de las Ciencias Veterinarias al área principal de Tecnología y Ciencias Silvoagropecuarias. Veterinaria estaba incluida en el área principal de Tecnología y Ciencias Médicas. Se estimó adecuado que el presente estudio se adhiera a las claves que ordenan las acciones sustantivas del quehacer científico tecnológico, lo que facilita el examen coherente del sistema.

Aunque Biología incrementa levemente su registro en el bienio (5), la fracción relativa con que concurre al total de artículos del período —como consecuencia del crecimiento en otras disciplinas— alcanza el nivel más bajo desde que se comenzaron a definir estos indicadores en el país. No obstante, desde hace algún tiempo, esta disciplina considerada la de mayor tradición en Chile exhibe un estancamiento cuantitativo. A éste contribuyen decaimientos sostenidos en la Universidad Austral de Chile y la Universidad de Concepción que, por segundo período, disminuyen su aporte en esta disciplina (4, 5).

TABLA II

Artículos registrados en el bienio 1987-88, clasificados por disciplinas

	Matemáticas 1.01	Física 1.02	Química 1.03	Biología 1.04	C. Tierra 1.05	Astronomía 1.06	Ingeniería 2.0	C. Médicas 3.0	Agropecuaria 4.0	Sociales 5.0	Jurid. Econ. y Adm. 6.0	Humanid. 7.0
UCH	46	39	78	250	10	40	34	220	42	12	3	9
PUC	20	36	50	138	1	4	24	83	10	11	5	2
U. de C.	4	3	45	40	5	0	7	8	7	2	0	0
UCV	3	6	8	7	0	0	5	0	0	0	0	0
UTFSM	5	11	30	0	0	0	7	0	0	2	0	0
USACH	4	2	28	9	0	0	5	0	0	0	0	0
UACH	1	1	1	50	1	0	0	16	46	5	0	11
UN	0	0	0	5	1	0	5	0	0	0	0	0
UV	0	0	0	5	0	0	0	5	1	0	0	0
UA	0	0	2	8	0	0	0	1	0	0	0	0
ULS	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
UBB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
UFRO	0	2	4	0	0	0	2	10	2	1	0	1
UMAG	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
U. TALCA	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1
UAT	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
UTA	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
UMCE	0	0	1	4	0	0	0	0	0	4	0	0
UPACE	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IPO	1	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	21	3	22	7	133	8	140	16	16	10	7
Total	82	113	246	528	26	177	97	476	124	56	18	32
%	(4,1)	(5,7)	(12,3)	(26,5)	(1,3)	(8,9)	(4,9)	(23,9)	(6,2)	(2,8)	(0,9)	(1,6)

El número que sigue al nombre de cada disciplina corresponde al código de CONICYT y FONDECYT.

Otros: Centros no afiliados a instituciones de educación superior.

Explica, en parte, esta situación la reorientación de la investigación de biólogos hacia temas de connotación más tecnológica en áreas de Ciencias Médicas y Silvoagropecuarias. Estas dos últimas aumentan su contribución en términos absolutos cuando se comparan con el bienio anterior (5). El marcado incremento en Ciencias Silvoagropecuarias no sólo se debe al progreso experimentado en estas disciplinas sino que además a la incorporación de las Ciencias Veterinarias (61 artículos corresponden a esta subárea). El avance en las publicaciones de corte más tecnológico alcanza también a las Ciencias de la Ingeniería que continúan creciendo significativamente (5).

En las disciplinas básicas se destaca el aumento experimentado en Matemáticas y Física, cuya contribución crece a un 4,1% y 5,7%, respectivamente. Como se observa en la Tabla II, Astronomía prosigue ocupando un lugar destacado en la ciencia originada en Chile (2-5). Aun cuando la mayor parte de la investigación en esta disciplina proviene de los observatorios extranjeros instalados en el país, el aporte de los astrónomos de la Universidad de Chile se acrecentó significativamente en el período (5). No ocurrió lo mismo con la Astronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile (5). Así como el Instituto Isaac Newton contribuye a la productividad en esta disciplina (quince artículos en el bienio) otro centro no universitario, como el Centro de Estudios Científicos de Santiago, continúa consolidando su aporte en áreas diferentes. En efecto, sin considerar las publicaciones en que comparte dirección de origen con alguna universidad chilena, se anota 24 publicaciones. Tres cuartos en Física y el resto en Biología.

Química repite su productividad en términos absolutos y detiene el crecimiento que la caracterizó por años (6). Por otra parte, Ciencias de la Tierra no logra mantener la cifra alcanzada en el bienio anterior (5). No obstante, es de notorio interés el hecho que las investigaciones en Geociencias mantienen una elevada vigencia, de acuerdo a un estudio recientemente realizado (18). En efecto, la proporción de artículos en Geociencias en temas de rápido

desarrollo en el año 1985 duplicó en Chile el cociente promedio mundial y está muy por encima del latinoamericano (18). Al respecto, las investigaciones en Agrociencias ameritan también ser mencionadas por liderar destacadamente, en cuanto a su carácter, al resto de la región de América Latina (18). Así, mientras la región exhibe en 1985 un cociente de 0,8% en este campo, Chile presenta un 5,8% de sus trabajos en áreas de avanzada.

Las Ciencias Sociales, las Jurídicas, Económicas y Administrativas, y las Humanidades, mantienen su participación en el sistema con poco más del 5%.

#### *La ciencia chilena en el escenario latinoamericano. Indicadores cuantitativos y cualitativos*

El recuento de las publicaciones científicas, si bien permite conocer el tamaño de la actividad, omite un aspecto del todo relevante: la calidad del producto. Dimensionar cualitativamente la ciencia es de suyo difícil. El recuento de las citas bibliográficas —a pesar de ser un tema que no escapa a la controversia especialmente cuando es utilizado para valorar el desempeño individual de los científicos (10, 11)— provee información de alguna utilidad. Small (13) precisa que para entender el significado de las referencias debemos examinar los procesos cognitivos que están implicados en la generación del discurso escrito. La característica más obvia de las referencias es que están ligadas al texto y a puntos específicos del texto. La evidencia acumulada que demuestra que los artículos más “influyentes” son los más citados, es abundante (13). Braun (12) resume la opinión de diversos científicos sociales expresando que, sin duda alguna, la técnica epistemométrica más celebrada es el análisis de las citas bibliográficas que contiene cada artículo. Sin embargo, al perfeccionarse los procedimientos epistemométricos se ha hecho patente que la simple cuantificación de las citas bibliográficas de una publicación ofrece información pobre e insuficiente, y por ello a veces distorsionadora de la realidad (12). Una de las variadas aproximaciones que supera gran parte de las

limitantes que implica la cuantificación simple de las citas bibliográficas y que permite analizar el desempeño cualitativo de comunidades científicas, se sustenta en la consideración de las llamadas "citas esperadas". Estas se calculan a partir del promedio de referencias que se hacen a los artículos publicados en una revista determinada (12, 14-17). Puesto que la literatura de corriente principal está conformada por títulos de revistas de diversa naturaleza y circulación, los artículos publicados en una revista dada, generan una expectativa promedio propia para cada título de revista. Si se cuantifica el número de referencias reales (citas observadas) que obtiene individualmente cada artículo y se relaciona a la expectativa (citas esperadas) que ofrece el publicar a través de un canal determinado, se genera una razón que representa la eficacia o la influencia de un trabajo, configurándose así un adecuado índice cualitativo de la productividad científica (6, 12, 14-17).

Braun y col. (14-17) analizaron el quehacer de diversos países, para lo cual tomaron los artículos originales, revisiones, *notes* y *letters*, registrados por el ISI en los períodos 1978-1980 y las referencias que estas publicaciones generaron en los años que le siguieron, *i.e.*, las referencias 1979-1980 de las publicaciones 1978, más las referencias 1980-1981 de las publicaciones 1979, más las referencias 1981-1982 de las publicaciones 1980 (14, 15). Similar procedimiento se siguió en el estudio del período 1981-1985. Los resultados obtenidos al clasificar "Ciencias de la Vida" para

los países más productivos de Latinoamérica (18) se muestran en la Tabla III que incluye las disciplinas biológicas, biomédicas y médico-clínicas (sistemas de *Pinsky y Narin*, refs. 14, 16).

Los índices de la Tabla III demuestran que Chile, Argentina, Brasil, México y Venezuela aumentaron el promedio de artículos por año entre los dos períodos. No obstante, el incremento de la actividad no estuvo aparejado con la eficacia del producto. En efecto, en lo cualitativo, los cinco países bajaron sus posiciones relativas. Chile, del lugar 41 en el mundo, al 49. Respecto al índice cualitativo, México encabeza la lista, seguido por Chile. Cuantitativamente, sin embargo, Chile ocupó el penúltimo lugar, habiendo crecido en estas disciplinas a menor velocidad que otros países, por cuanto bajó del lugar 33 al lugar 34. En estos índices no se considera la productividad en relación a la población de cada país.

Braun y col. (15, 17) examinaron el mismo tipo de índices epistemométricos para Física en los períodos 1978-1980 y 1981-1985. La disciplina incluye artículos en Ciencias de la Tierra y del Espacio (15, 17). La Tabla IV muestra que aunque Chile crece notoriamente entre ambos períodos (junto a México son los únicos que no bajan en su posición relativa) ocupa cuantitativamente el penúltimo lugar entre los países incluidos en la tabla. No obstante, cualitativamente, en ambos períodos lidera significativamente en cuanto al impacto que los trabajos producen. Así, de un décimo tercer lugar en el período 1978-

TABLA III  
Ciencias de la Vida

País	Nº publicaciones		% del total mundial		Citas observadas (A)		Citas esperadas (B)		Eficacia (A/B)	
	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85
Chile	1.108 (33)	2.092 (34)	0,18	0,18	1,18 (45)	1,10 (51)	1,55 (56)	1,66 (59)	0,76 (41)	0,66 (49)
Argentina	1.629 (29)	3.045 (28)	0,26	0,27	1,58 (31)	1,54 (35)	2,40 (21)	2,64 (21)	0,66 (55)	0,58 (62)
Brasil	2.167 (27)	3.937 (27)	0,35	0,34	1,28 (41)	1,32 (45)	2,02 (38)	2,17 (39)	0,64 (57)	0,61 (59)
México	1.054 (34)	2.094 (33)	0,17	0,18	1,83 (22)	1,82 (25)	2,33 (26)	2,56 (24)	0,79 (36)	0,71 (39)
Venezuela	410 (41)	758 (41)	0,07	0,07	1,80 (23)	1,85 (23)	2,69 (13)	2,95 (11)	0,67 (53)	0,63 (55)

Indicadores epistemométricos de la investigación en Ciencias de la Vida en algunos países de América Latina.

La tabla se construyó usando los datos de Braun y col. (14, 16).

La cifra entre paréntesis corresponde al lugar que ocupa cada país, considerados los 100 primeros en el mundo.

## PRODUCTIVIDAD CIENTIFICA EN CHILE

TABLA IV

Física

País	Nº publicaciones		% del total mundial		Citas observadas (A)		Citas esperadas (B)		Eficacia (A/B)	
	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85
Chile	153 (38)	410 (38)	0,085	0,105	4,39 (4)	3,87 (6)	4,63 (1)	3,76 (6)	0,95 (13)	1,03 (8)
Argentina	391 (32)	1.108 (31)	0,220	0,285	1,66 (35)	1,64 (32)	3,23 (11)	3,26 (15)	0,52 (47)	0,50 (40)
Brasil	963 (20)	1.981 (22)	0,530	0,510	1,80 (31)	1,77 (28)	3,38 (9)	3,40 (12)	0,53 (44)	0,52 (38)
México	380 (34)	899 (34)	0,210	0,231	2,91 (12)	2,29 (19)	3,90 (4)	3,41 (10)	0,75 (28)	0,67 (28)
Venezuela	148 (39)	352 (42)	0,082	0,091	1,81 (30)	1,98 (23)	2,99 (20)	3,02 (23)	0,61 (38)	0,65 (30)

Indicadores epistemométricos de la investigación en Física en algunos países de América Latina.

La tabla se construyó usando los datos de Braun y col. (15, 17).

La cifra entre paréntesis corresponde al lugar que ocupa cada país, considerados los 100 primeros en el mundo.

1980 salta a un octavo lugar en el quinquenio 1981-1985. Le preceden, en el mismo orden, Suiza, Dinamarca, Suecia, Holanda, Estados Unidos, Alemania y el Reino Unido (17). Sin duda alguna, las metas que está alcanzando la pequeña comunidad de físicos que laboran en Chile ameritan un amplio reconocimiento. Por lo mismo, concita gran inquietud el manifiesto desinterés de los estudiantes del país por seguir estudios de licenciatura en Física, antesala natural para los estudios de graduados. Esta situación se extiende a las Matemáticas y, en menos intensidad, a otras disciplinas básicas y constituye un desafío que requiere de reflexión y acciones urgentes.

Un reciente estudio de Flores y Pimienta de Rubio (19) evalúa la Física en América Latina a través de sus publicaciones, tomando como base de datos un banco del Centro de Información Científica y Humanista de la UNAM (20). El análisis excluye Astrofísica y Geofísica y las revistas consideradas no coinciden en número y a veces en títulos con las que incorpora el ISI en sus registros. El protocolo utiliza sólo las citas observadas y no hace relación con las llamadas citas esperadas. Las desventajas de esta aproximación han sido ampliamente discutidas (ver ref. 12). El modelo genera para Física una productividad cuyo mayor impacto cualitativo lo tiene México, seguido de Colombia, Venezuela, Brasil, Argentina y Chile. Las diferencias metodológicas respecto a los indicadores epistemométricos utilizados en la confección de la Tabla IV y en nuestros estudios (2-7) impiden comparaciones válidas. Los resultados obtenidos por Braun y col. (15, 17) para el período

1981-1985, incluso tomando en consideración sólo las citas esperadas, exhiben diferencias sustantivas. Otro estudio que configura indicadores epistemométricos para distinguir el porcentaje de publicaciones de una disciplina en temas de rápido desarrollo (de avanzada) respecto al total publicado en esa misma disciplina en cada país (18), señala que en Física el indicador correspondiente lo encabeza Venezuela, seguido por Argentina, Brasil, Chile y México. El análisis considera sólo los artículos publicados en 1985 (18) lo que, evidentemente, es muy limitado para extraer conclusiones. No obstante, la aproximación permite obtener datos complementarios para perfilar el tipo de actividad que realizan los países, y añade un enfoque cualitativo al dimensionamiento de la ciencia que se produce. Villarroel (21) ha estudiado aspectos relativos al grado de desarrollo de la Física en Chile, y ha analizado algunos indicadores de impacto cualitativo de la investigación realizada por físicos chilenos en los años que preceden a 1980.

En cuanto a Matemáticas (15, 17), como se muestra en la Tabla V, Brasil genera en los dos períodos el mayor número de trabajos. Aunque exhibe una caída, ocupa un lugar notoriamente más alto que el resto de los países analizados. Chile presenta un aumento destacado de la actividad. Entre 1978 y 1980 produjo el 0,052% de los artículos de la literatura de corriente principal del área, fracción que casi duplica entre 1981 y 1984. Esta situación puede ser altamente significativa si se considera que en el bienio 1985-1986 Matemáticas aumentó

en más de un 100% su productividad respecto al bienio anterior (5) y continúa ascendiendo significativamente (Tabla II). No sólo la actividad en Matemáticas creció sino que también su impacto. Chile pasa del lugar 32 en el trienio 1978-1980 al lugar 16 en el quinquenio 1981-1985. El aporte cualitativo se acrecentó en todos los países latinoamericanos que incluye la Tabla V. Venezuela, que en número de publicaciones en el período disminuye su contribución relativa, cualitativamente encabeza los indicadores de impacto en el quinquenio 1981-1985.

Los indicadores epistemométricos que permiten conocer el impacto que tienen los trabajos en Química originados en Chile, y su comparación con otros países de la región, han sido publicados (6).

En relación al impacto cualitativo durante el quinquenio 1981-1985, los estudios que se presentan muestran que Chile ocupa el lugar 8 en Física, el 16 en Matemáticas, el 35 en Química y el 49 en Ciencias de la Vida. Cuantitativamente, en el mismo período, Ciencias de la Vida se sitúa en el lugar 34, Física en el 38, Química en el 38 y Matemáticas en el 46, en el marco de los 100 primeros países del mundo.

#### *Algunos indicadores que perfilan la organización de la Ciencia en Chile*

Son muchas las acciones que configuran el clima adecuado que la ciencia requiere. Una de éstas se ejerce a través de instrumentos calificados para financiar proyectos de investigación, que por su excelencia y per-

tinencia ameritan especial consideración del Estado. El buen uso de estas herramientas demanda su cabal comprensión y complejos procedimientos que aseguren rigurosidad científica, transparencia, ecuanimidad y eficiencia, tanto por parte de los organismos del Estado como por parte de los investigadores. En el período que cubre el presente estudio, el sistema de FONDECYT, principal fuente de financiamiento para proyectos específicos de la década de los '80, contó con crecientes recursos (Fig. 1).

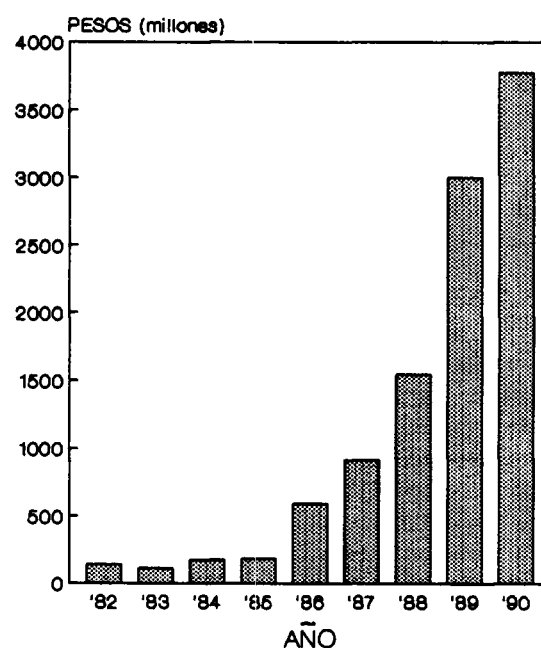


Fig. 1: Recursos asignados al Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica a partir de su inicio en 1982. Las cifras hasta 1989 están expresadas en moneda del mismo valor.

TABLA V

#### Matemáticas

País	Nº publicaciones		% del total mundial		Citas observadas (A)		Citas esperadas (B)		Eficacia (A/B)	
	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85	1978-80	1981-85
Chile	15 (48)	52 (46)	0,052	0,099	0,67 (17)	0,79 (17)	0,87 (2)	0,81 (20)	0,76 (32)	0,97 (16)
Argentina	29 (40)	69 (42)	0,100	0,131	0,41 (37)	0,32 (40)	0,97 (1)	0,80 (22)	0,43 (48)	0,40 (44)
Brasil	121 (23)	242 (26)	0,420	0,459	0,45 (31)	0,58 (30)	0,73 (16)	0,88 (12)	0,63 (39)	0,66 (37)
México	28 (41)	80 (38)	0,097	0,152	0,75 (9)	0,89 (10)	0,79 (9)	0,90 (10)	0,95 (22)	0,98 (13)
Venezuela	30 (38)	55 (45)	0,104	0,104	0,53 (27)	0,93 (7)	0,79 (10)	0,94 (5)	0,68 (34)	0,98 (12)

Indicadores epistemométricos de la investigación en Matemáticas en algunos países de América Latina.

La tabla se construyó usando los datos de Braun y col. (15, 17).

La cifra entre paréntesis corresponde al lugar que ocupa cada país, considerados los 100 primeros en el mundo.



Corresponde aún completar el equivalente al millón de UF comprometidos en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (22) que se promulgó en 1988.

Junto al incremento de recursos, el sistema de concursos entró recientemente a un estado de régimen, existiendo a comienzos de 1990 el mayor número de proyectos financiados por el sistema. Como se observa en la Fig. 2, al inicio del año mencionado se registran 1.228 proyectos en ejecución, los que incluyen primeras etapas o fases de continuación de proyectos anteriores financiados por 2 ó 3 años e iniciados en los años precedentes. La Fig. 3 representa las asignaciones presupuestales a comienzos de 1990 y los recursos comprometidos para etapas de continuación o finalización de proyectos iniciados en 1988 y 1989. No se incorporan los recursos que se asignarán en 1990 a través del Concurso para Tesis Doctorales que fortalecerá notablemente la formación de nuevos investigadores. Sin embargo, se incluye el monto que demanda la continuación de los pro-

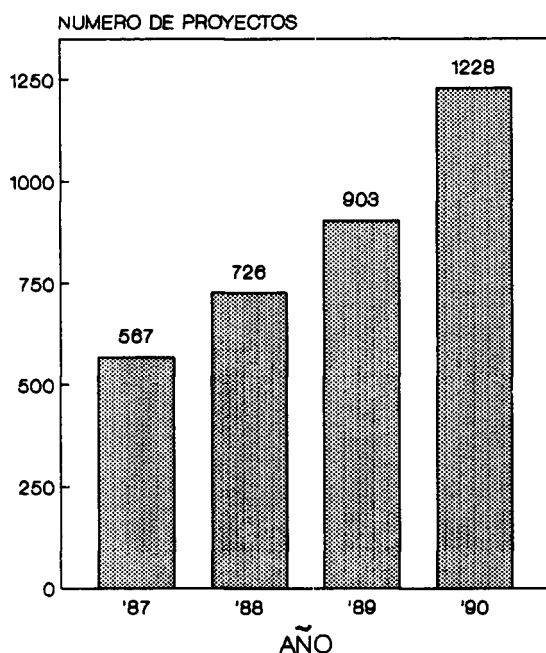


Fig. 2: Número de proyectos en ejecución. Se observa un incremento notorio a partir de 1987, año en que comienza el régimen de proyectos de duración de hasta tres años. Las cifras de los últimos años representan etapas de comienzo y también de continuación de proyectos.

yectos evaluados favorablemente en los concursos 1989 y 1990. Las cifras implicadas demuestran la necesidad de incrementar el presupuesto de FONDECYT para alcanzar a la brevedad la meta establecida (22).

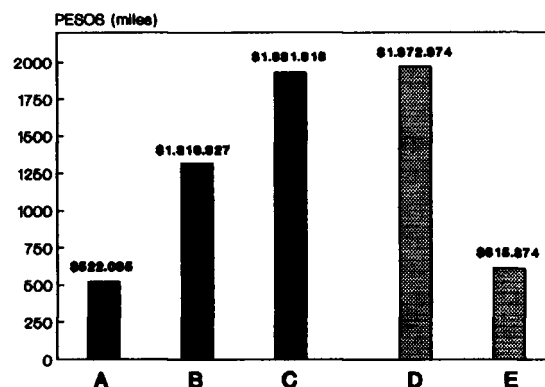


Fig. 3: A, B y C. Recursos asignados a los proyectos que comenzaron en 1990 y también comprometidos para las etapas de continuación de aquellos iniciados en 1988 y 1989, cuya adjudicación se determina evaluando los informes de progreso. A: Tercera etapa de proyectos iniciados en 1988. B: Segunda etapa de proyectos iniciados en 1989. Para los proyectos de dos años corresponde a la fase final. C: Primera etapa de proyectos iniciados en 1990. Para los proyectos de un año, implica la fase única de su ejecución.

D y E: Recursos comprometidos para 1991 y 1992, respectivamente. Estos recursos representan la tercera y última etapa de proyectos iniciados en 1989 y la segunda y tercera fase de proyectos iniciados en 1990.

La configuración de un clima que favorezca el desarrollo científico y tecnológico no sólo exige que se asignen los recursos a los proyectos de mayor calidad y que prometan real contribución al conocimiento y desarrollo, sino que además demanda que todos los actores del sistema tengan absoluta confianza en él. Habida consideración de la imprescindible expresión de la voluntad política y de la capacidad de convocatoria que determina las reales posibilidades para un adecuado desenvolvimiento del quehacer científico y tecnológico, es menester garantizar el papel protagónico de la comunidad científica organizada y de los especialistas en el diseño de los lineamientos generales y en la toma de decisiones particulares que imponen los sistemas competitivos enmarcados en exigencias de excelencia. Es impe-

rativo, además, evaluar rigurosamente los resultados de la búsqueda original. Al recibir aportes del Estado, el investigador se compromete profesionalmente y adquiere una deuda con la sociedad, la que sólo se salda cuando puede objetivarse la contribución que emana de la ejecución de su proyecto. En este contexto, la información adquiere especial relevancia y enriquece la confianza que retroalimenta al sistema.

Las experiencias que derivan del quehacer de FONDECYT, a pocos años de funcionamiento, se han ido tornando muy alentadoras. El sistema de concursos anuales y la evaluación de proyectos se ha perfeccionado permanentemente gracias a la generosa dedicación de la comunidad científica y, en particular, de los investigadores más calificados en cada tema. La evaluación de los resultados de los proyectos se ha afinado y fortalecido permanentemente, lo mismo que la administración del proceso como un todo.

La productividad de los proyectos

FONDECYT, financiados entre los años 1982 y 1987 y finalizados en todas sus etapas propuestas, se ha medido —de acuerdo a lo informado por cada investigador responsable— por los artículos científicos internacionales o nacionales que de ellos se originan, por los libros o monografías o capítulos de libros que generan, por las presentaciones a congresos nacionales o extranjeros, por las patentes, y por las tesis tanto de pregrado como de postgrado que de ellos proceden. En el período se ejecutaron 1.299 proyectos, de los cuales 499 corresponden al área de las tecnologías. Las Figs. 4 y 5 muestran el rendimiento de los proyectos en las disciplinas básicas, de acuerdo al número de artículos científicos publicados en el país y en el extranjero, a los libros o monografías o capítulos en éstos, y a las tesis. No se incluyen las presentaciones a congresos, que normalmente superan a los artículos, pero que no representan una forma final de expresión de resultados.

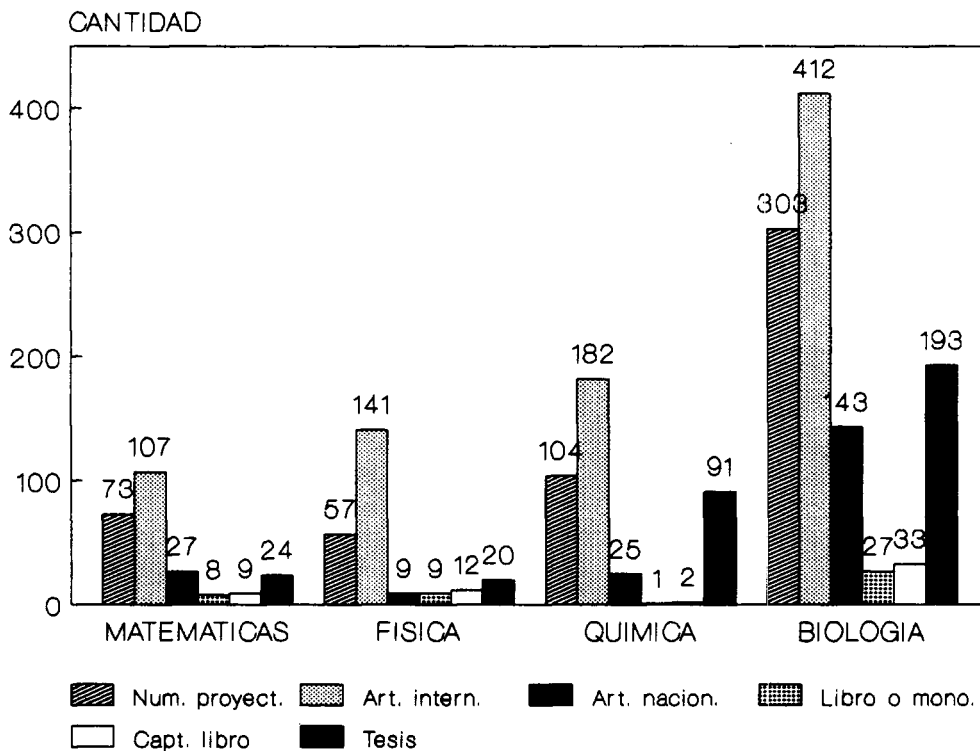


Fig. 4: Productividad de los proyectos FONDECYT financiados entre 1982 y 1987 por el Consejo Superior de Ciencias en Matemáticas, Física, Química y Biología. Se indican, para cada disciplina y en el mismo orden, el N° de proyectos, de artículos en revistas extranjeras, de artículos en revistas nacionales, de libros o monografías, de capítulos de libros o de monografías, y, finalmente, de tesis.

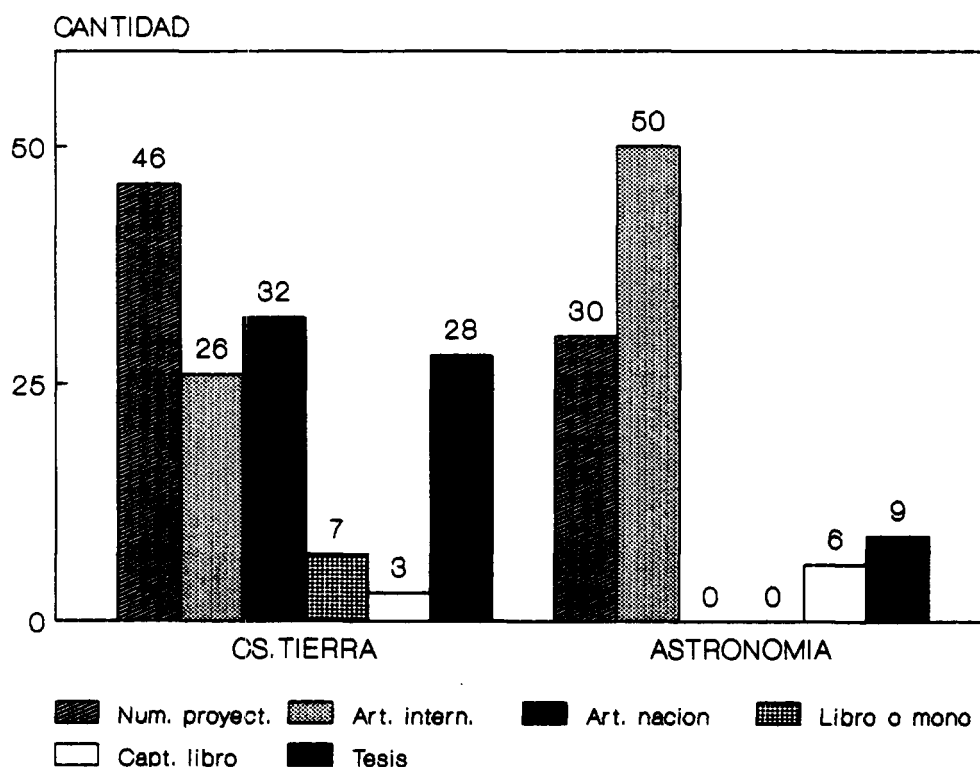


Fig. 5: Productividad de los proyectos FONDECYT financiados entre 1982 y 1987 por el Consejo Superior de Ciencias en Ciencias de la Tierra y Astronomía. Ver leyenda Fig. 4.

Como se observa en las Figs. 4 y 5, el mejor índice de productividad respecto al número de artículos en revistas extranjeras en relación al número de proyectos ejecutados se encuentra en Física (índice de 2,47). Le siguen Química, Astronomía, Matemáticas, Biología y Ciencias de la Tierra. En cuanto a tesis, elemento que representa la formación en investigación científica, y que debe constituir motivo de especial preocupación en un país que no cuenta con la masa crítica que sustente la investigación que el progreso demanda, el mejor índice lo exhibe Química, seguida de Biología, Ciencias de la Tierra, Física, Matemáticas y Astronomía.

La Fig. 6 muestra el rendimiento de los proyectos de investigación a los que se les asignó recursos entre 1982 y 1987, a través del Consejo Superior de Desarrollo Tecnológico. Tecnología y Ciencias Médicas alcanzó un índice de 0,44 (artículos en revistas extranjeras/Nº proyectos). Le siguen Tecnología y Ciencias de la Ingeniería y Tecnología y Ciencias Silvoagropecuarias.

El número de tesis por proyectos ejecutados es notoriamente mayor en las Ingenierías y disciplinas Silvoagropecuarias que en el área médico-clínica. Es preciso considerar que el indicador de tesis no discrimina entre aquellas de pregrado y postgrado. Aparte de las características que definen a una y otra, la esencia de los programas que forman profesionales y postgraduados exhibe diferencias que deben incorporarse en el análisis. La Dirección de Información y Estudios de CONICYT está ahora incluyendo en su banco de datos la naturaleza de la tesis que se genera dentro de los proyectos FONDECYT.

Los proyectos financiados entre 1982 y 1987 en Ciencias Sociales fueron 118 y en Artes y Humanidades 69. Como se observa en la Fig. 7, predomina la expresión de resultados a través de artículos en revistas nacionales y la publicación de libros o monografías.

¿Cuántos investigadores se han comprometido en la ejecución de los proyectos financiados por FONDECYT?

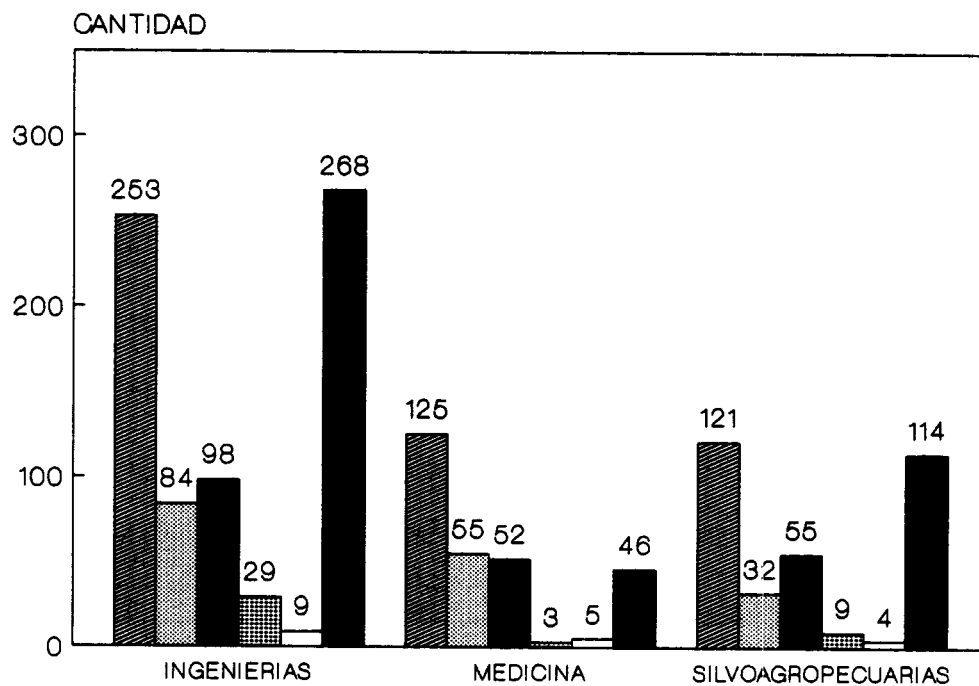


Fig. 6: Productividad de los proyectos FONDECYT financiados entre 1982 y 1987 por el Consejo Superior de Desarrollo Tecnológico en Tecnología y Ciencias de la Ingeniería, Tecnología y Ciencias Médicas, y Tecnología y Ciencias Silvoagropecuarias. Ver leyenda Fig. 4.

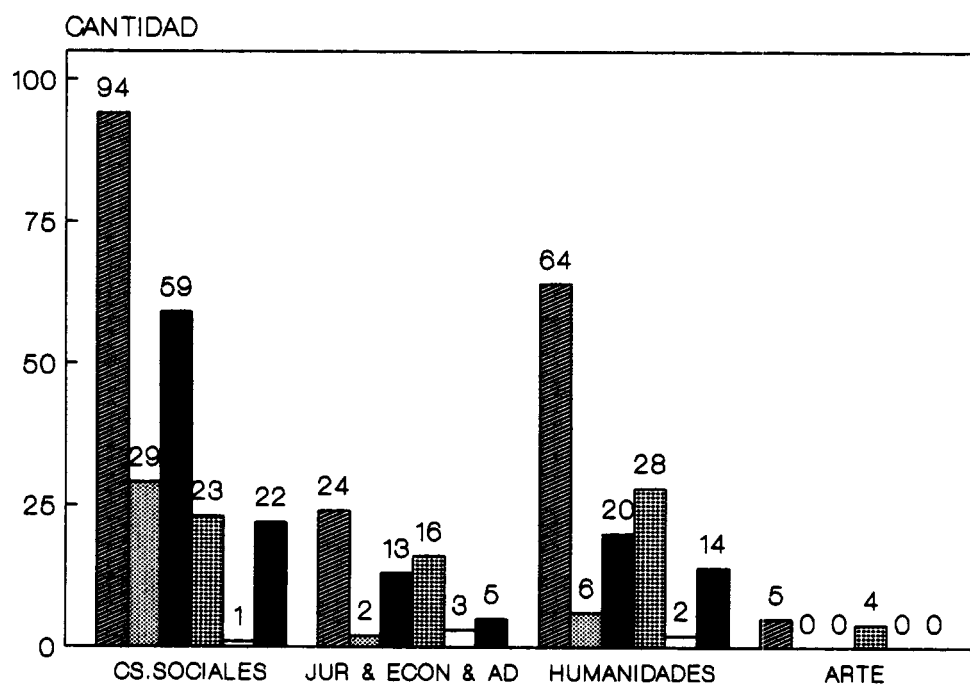


Fig. 7: Productividad de los proyectos FONDECYT financiados entre 1982 y 1987 por el Consejo Superior de Ciencias en Ciencias Sociales, Ciencias Jurídicas, Económicas y Administrativas, Humanidades y Arte. Ver leyenda Fig. 4.

Saavedra y Vergara (23) analizaron la participación de los investigadores en los proyectos FONDECYT entre 1982 y 1989. Durante el período, 4.009 personas se desempeñaron ya sea como investigadores responsables y/o como coinvestigadores. Del total de coinvestigadores, el 46,7% participó sólo una vez en FONDECYT, razón por la cual se "cuestiona" su compromiso vital con la investigación. El trabajo concluye que el universo efectivo de "investigadores activos" que está participando en proyectos financiados por FONDECYT alcanza a 2.137 personas.

La interpretación de los índices debe también considerar otros aspectos de importancia. Por una parte, la naturaleza de cada disciplina y las características que afectan su particular desarrollo, e.g. insuficiente número de investigadores activos, falta de estudiantes en ciencias básicas, equipamiento, bibliotecas, etc. Por otra, no todos los proyectos generan cada uno de los "productos" aquí cuantificados, de modo tal que los índices serían mayores si se consideraran sólo los proyectos que dan origen a cada producto, en particular. La información detallada se encuentra en la Dirección de Información y Estudios de CONICYT. Tampoco existe certeza de que se hayan informado todos los artículos, tesis, etc., que hayan derivado de cada uno de los proyectos ejecutados. Al aprobarse el informe final, algunos investigadores "olvidan" su obligación de enviar las publicaciones y tesis que se siguen concretando como consecuencia del tiempo que media entre el trabajo experimental y la publicación formal. Aún más, es menester tener en cuenta que los índices representan el rendimiento de la fase de puesta en marcha del sistema de FONDECYT. Así, los resultados pueden calificarse como francamente exitosos, toda vez que los recursos implicados en el financiamiento de los 1.299 proyectos fueron escasos y muy por debajo de los costos que caracterizan la investigación en países desarrollados (ver Fig. 1).

Al incrementarse el presupuesto y acrecentarse la rigurosidad y complejidad de todo el proceso envuelto en el otorgamiento de subsidios para investigación (e.g., cancelando y no renovando proyectos que no

cumplen las propuestas originales, e incluso exigiendo devolución de recursos), se está creando una tradición en el medio científico que aprecia la confianza que se ha depositado en él y responde con eficiencia y responsabilidad. Se avanza así en la tarea de distinguir quién es quién entre sus supuestos iguales y quiénes están dispuestos a incorporarse al privilegiado, pero a su vez sacrificado camino de la búsqueda original, sin la cual toda sociedad moderna no sólo se estanca, sino que retrocede. Por otra parte, se comienza a aquilatar el papel que cumplen la epistemometría y sus diversas aproximaciones en el escenario donde se desenvuelve el quehacer investigativo. La comunidad científica constituye un cuerpo social responsable. Entiende que tiene obligaciones no sólo consigo misma sino que con la sociedad toda que debe conocer el valor y la dimensión de su quehacer.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por Fundación Andes, Proyecto C-17.

#### REFERENCIAS

- MORAVCSIK, M.J. (1989) ¿Cómo evaluar la Ciencia y los científicos? *Rev. Esp. Doc. Cient.*, 12: 313-325.
- KRAUSKOPF, M. y PESSOT, R. (1980) Estudio preliminar sobre publicaciones y productividad científica en Chile. *Arch. Biol. Med. Exp.* 13: 195-208.
- KRAUSKOPF, M. y PESSOT, R. (1983) Actividad científica en Chile. Publicaciones registradas durante el período 1980-1982. *Arch. Biol. Med. Exp.* 16: 17-27.
- KRAUSKOPF, M. y PESSOT, R. (1985) ¿Hacia dónde va la ciencia en Chile? Análisis de la actividad presente. *Arch. Biol. Med. Exp.* 18: 225-239.
- KRAUSKOPF, M. y PESSOT, R. (1987) Ciencia y universidad. Ambas requieren mayor atención. *Arch. Biol. Med. Exp.* 20: 283-294.
- KRAUSKOPF, M. (1988) Desarrollo de la investigación química en Chile. Indicadores epistemométricos. *Bol. Soc. Chil. Quím.* 33: 157-162.
- KRAUSKOPF, M.; PESSOT, R. and VICUÑA, R. (1986) Science in Latin America. How much and along what lines? *Scientometrics* 10: 199-206.
- DIAZ, G. (1989) El desarrollo científico y tecnológico chileno en los últimos 20 años. *UNFACH* 21: 9-14.
- Guía Nacional de Investigaciones en Curso 1973-1974.* (1974) Serie Directorio N° 4, CONICYT, Santiago.

10. MAC ROBERTS, M.M. and MAC ROBERTS, B.R. (1989) Citation analysis and the science policy arena. *TIBS* 14: 8-12.
11. COLE, S. (1989) Citations and the evaluation of individual scientists. *TIBS* 14: 9-13.
12. BRAUN, T.; GLANZEL, W. y SCHUBERT, A. (1985) *Scientometric Indicators. A 32 Country Comparative Evaluation of Publishing Performance and Citation Impact*. World Scientific Publ. Co., Singapore, Philadelphia.
13. SMALL, H. (1987) The significance of bibliographic references. *Scientometrics* 12: 339-341.
14. BRAUN, T.; GLANZEL, W. and SCHUBERT, A. (1987) One more version of the facts and figures on publication output and relative citation impact in the life sciences and chemistry, 1978-1980. *Scientometrics*, 11: 127-140.
15. BRAUN, T.; GLANZEL, W. and SCHUBERT, A. (1987) One more version of the facts and figures on publication output and relative citation impact in physics and mathematics, 1978-1980. *Scientometrics*, 12: 3-16.
16. BRAUN, T.; GLANZEL, W. and SCHUBERT, A. (1988) The newest version of the facts and figures on publication output and relative citation impact in the life sciences and chemistry 1981-1985. *Scientometrics*, 14: 3-15.
17. BRAUN, T.; GLANZEL, W. and SCHUBERT, A. (1988) The newest version of the facts and figures on publication output and relative citation impact in physics, engineering and mathematics 1981-1985. *Scientometrics*, 14: 365-382.
18. *New Directions for U.S.-Latin American Cooperation in Science and Technology*. Final Report. (1988) Prepared for National Science Foundation, National Aeronautic and Space Administration and Department of Energy, Washington, D.C., SRI International/Washington.
19. FLORES VALDES, J. y PIMIENTA DE RUBIO, M. (1988) La física en América Latina a través de sus publicaciones. *Ciencia y Desarrollo* 14: 95-106.
20. *Bibliografía Latinoamericana I. Trabajos publicados por latinoamericanos en revistas extranjeras*. Publicación del Centro de Información Científica y Humanista. UNAM, México, 1980-1988.
21. VILLARROEL, D. (1985) *Algunas consideraciones en torno al grado de desarrollo de la física en Chile*. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso.
22. *Plan Nacional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo* (1988). Decreto 305 del 12 de julio. Presidencia de la República, Santiago, Chile.
23. SAAVEDRA, F. y VERGARA, R. (1989) Recursos humanos en investigación científica y tecnológica: su participación en FONDECYT. *CONICYT, Serie Estudios, N° 21*.