

SANTIAGO, 2005

Productividad del Programa  
**INICIATIVA CIENTÍFICA MILENIO**  
y su evolución

ICM



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE PLANIFICACION



SANTIAGO, 2005

---

# Productividad del Programa INICIATIVA CIENTÍFICA MILENIO y su evolución

Estudio de consultoría realizado por:  
Empresa IGT S.A



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE PLANIFICACION



## »CONTENIDO

---

RESUMEN.....	5
1. ANTECEDENTES.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
3. METODOLOGÍA.....	8
INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS BASE.....	9
OTROS INDICADORES.....	11
4. PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA.....	14
4.1 EPISTEMOMETRÍA.....	14
4.1.1 Publicaciones Totales.....	14
4.1.2 Citas y factor de impacto.....	17
4.2 PATENTES.....	19
4.3 FORMACION DE JÓVENES CIENTÍFICOS.....	19
5. OTRAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS.....	22
5.1 EVENTOS Y CONFERENCIAS.....	22
5.2 DIFUSIÓN Y PROYECCIÓN AL MEDIO EXTERNO.....	24
6. RESUMEN SOBRE LOS PRINCIPALES INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA.....	26
7. CONCLUSIONES GENERALES.....	27
8. RECOMENDACIONES.....	28

## >>RESUMEN

---

El presente estudio se realizó a partir de una consultoría contratada por el Programa Iniciativa Científica Milenio (ICM) con el objeto de evaluar la productividad científica de los investigadores asociados en los primeros cuatro años de operación de los Institutos y Núcleos Científicos Milenio, en contraste con la productividad antes de la creación de estos centros. Se evaluaron los logros en términos de publicaciones y citaciones, formación de jóvenes científicos, patentes, y de otras actividades complementarias.

La productividad en número de publicaciones y su valor se midió a través del método epistemométrico, único validado internacionalmente para estos análisis, utilizándose como principales fuentes a ISI, NSIOD, WOS y *Journal of Citation Reports*. La información relativa a otros parámetros se obtuvo a partir de formularios enviados y respondidos por los investigadores asociados, o directamente recabadas de los centros ICM.

El estudio demostró que la formación de Institutos y Núcleos Científicos ICM redundó en altos niveles de productividad para la mayoría de los indicadores, con notorios incrementos respecto a la situación antes de la creación de los centros. En publicaciones ISI se registró un aumento general de 30 %, alcanzándose un nivel de 3,1 publicaciones promedio por investigador asociado por año, incremento que fue más marcado para los Núcleos Científicos. Esta mayor productividad estuvo asociada a un mejoramiento en la calidad de las publicaciones, medida de acuerdo a las citaciones por publicación, y al factor de impacto de las revistas en que se publicaron. El escaso número de solicitudes de patentes reveló que se trata de una actividad débil del programa.

Particularmente notable fue la participación de la ICM en formación de jóvenes científicos, destacándose en esto los Institutos Científicos. Los investigadores científicos registraron en promedio una tutoría de 8,5 jóvenes por investigador asociado entre los años 2000 y 2003 en su mayoría estudiantes de doctorado y de pregrado. Entre la línea base y la primera etapa de operación de los centros, éstos aumentaron en 8 veces el número de jóvenes en formación. En otras actividades complementarias, los investigadores asociados participaron en forma notoriamente más activa en organizar eventos científicos nacionales e internacionales, en la asistencia a congresos con presentación de trabajos, y en actividades de difusión y proyección al medio externo, especialmente en estas dos últimas.

Del presente estudio se puede concluir que la productividad científica medida a partir de los indicadores utilizados aumentó notoriamente con la creación de los Institutos y Núcleos

Científicos de la ICM. La carencia de información publicada o disponible sobre similares indicadores impidió establecer comparaciones entre la productividad de los centros ICM y la de agrupaciones semejantes del país o extranjeras.

En cuanto a recomendaciones, se sugieren algunos elementos para mejorar la medición de productividad tales como: incluir publicaciones que hayan ocurrido hasta un año después de finalizado el período de medición del centro ICM; considerar la producción de todos los científicos de los centros ICM (no sólo de los investigadores asociados); utilizar los informes anuales y memorias como elementos de recopilación de información para futuros análisis; considerar los impactos de otras actividades desarrolladas por los centros ICM, como por ejemplo con la industria, el sector educacional, o de nuevos descubrimientos; entre otros.

## 1. ANTECEDENTES

---

Este estudio fue elaborado entre 2004 y 2005 por la empresa IGT S.A., como consultoría contratada por la Secretaría Ejecutiva de la Iniciativa Científica Milenio MIDEPLAN. IGT levantó anteriormente las líneas de base 1991-1999 de productividad de los investigadores antes de convertirse en centros ICM (“Niveles de base de Indicadores en Investigación Científica del Programa ICM” de Noviembre de 2001). En este documento se presentan estos resultados, en contraste con los logros alcanzados por los Institutos y Núcleos Científicos Milenio entre los años 2000 y 2003.

La ICM se constituye en una alternativa nueva para contribuir a incrementar los recursos para la investigación científica y tecnológica del país. Esta pretende contribuir al aprovechamiento de las capacidades humanas de investigación científica y tecnológica, como factor clave del desarrollo económico y social sustentable a largo plazo. Para esto, se apunta a la formación de equipos humanos, particularmente jóvenes, hacia niveles de excelencia académica y científica a escala internacional en investigación, partiendo por aquellos pocos especialistas de alto nivel existentes en el país. El Programa ICM recibió un financiamiento promedio por año de \$ 3.760 millones entre los años 2000 y 2003.

La actividad de los Institutos y Núcleos comprende cuatro componentes: (a) La investigación científica y/o tecnológica de avanzada; (b) La formación de científicos jóvenes a través de esta actividad; (c) Los trabajos en redes de interacción multidisciplinaria y de colaboración con otras

instituciones similares; y (d) La proyección al medio externo, con el sector educacional, con la industria y con los servicios.

Los Institutos y Núcleos Científicos contemplados en este estudio fueron:

#### INSTITUTOS CIENTÍFICOS

- Instituto Milenio de Biología Fundamental y Aplicada (MIFAB)
- Instituto Milenio de Estudios Avanzados en Biología Celular y Biotecnología (CBB)
- Instituto Centro de Estudios Científicos (CECS)

Los Institutos se proyectan con una duración de diez años, y reciben un financiamiento aproximado de \$ 700 millones por año.

#### NÚCLEOS CIENTÍFICOS

- Centro de Estudios Avanzados en Ecología e Investigación en Biodiversidad
- Centro de Neurociencia Molecular y Celular de Valparaíso
- Física de la Materia Condensada
- Núcleo Milenio en Biología del Desarrollo
- Sistemas Metálicos Dispersos. Aplicaciones a la Química Fina

Los Núcleos tienen una duración de tres años, renovables competitivamente por otro período igual, y cuentan con un presupuesto de alrededor de \$ 160 millones por año.

Cabe hacer notar que en la productividad y logros de los centros ICM han contribuido también el apoyo derivado de las instituciones albergantes, así como recursos de algunas fuentes externas.

## 2. OBJETIVOS

---

El objetivo de este estudio de consultoría es actualizar los niveles de base de los parámetros de desempeño referenciales, establecidos sobre la productividad científica del Programa Iniciativa Científica Milenio, específicamente de los 3 Institutos y los 5 Núcleos Científicos Milenio adjudicados en el concurso del año 1999.

Con estos antecedentes se pretendió medir la evolución de la productividad científica y tecnológica de los centros ICM, a través de un conjunto de parámetros e índices, determinando los niveles de productividad logrados al cabo de 4 años de operación de los Institutos y 3 años de los Núcleos.

## 3. METODOLOGÍA

---

La metodología incluyó el análisis de distintos elementos relacionados con la productividad científica y tecnológica. La más estudiada tiene relación con los impactos científicos medibles a través de elementos bibliométricos, pero también se consideraron aspectos como la formación de jóvenes científicos, solicitud de patentes, la organización de eventos nacionales e internacionales, entre otros.

**Investigador asociado:** Término que comprende al Director o Investigador Principal y a los Investigadores Asociados de un Instituto o de un Núcleo Científico ICM, a cargo de conducir principalmente la gestión científica y tecnológica del Centro ICM.

La evaluación de productividad se realizó considerando a los investigadores asociados como unidad de análisis. Es relevante destacar que esto implica una visión conservadora del impacto, ya que no fue contabilizada la productividad que generan los Centros ICM a través de los investigadores que no son asociados (investigadores adjuntos, jóvenes postdoctorantes y estudiantes).

## INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS BASE

Los indicadores base ICM en el ámbito de productos e impacto corresponden a indicadores que buscan medir los resultados de la investigación. El único método cuantitativo aceptado para evaluar estos resultados es el epistemométrico, el cual analiza las publicaciones en términos de cantidad y calidad. Para este estudio se utilizan bancos de datos que poseen registros de revistas ISI, las cuales se encuentran indexadas, permitiendo un análisis cuantitativo en conjunto a su impacto y la forma en que afectan a la comunidad científica global.

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los indicadores bibliométricos base.

### • Publicaciones y Citas

- a) **Producción de artículos ISI:** corresponde a la cantidad de artículos publicados en las distintas ventanas de tiempo. Se incluyen como “publicaciones” los siguientes tipos: Artículo (*article*), Revisión (*review*), Nota (*note*), Carta (*letter*) y Editorial (*editorial*). El método de conteo utilizado, considera aquellas publicaciones coautoradas por dos o más investigadores del mismo grupo ICM como una sola publicación. Esto es válido para todos los indicadores Base presentados en este informe.
- b) **Número total de citas:** se refiere a las citas reales que obtuvieron los artículos durante un período determinado de tiempo.
- c) **Promedio de citas por artículos:** corresponde a la relación existente entre las citas obtenidas y los artículos publicados durante el período evaluado. Consiste en la razón entre las citas obtenidas y los artículos producidos durante un mismo período de tiempo.
- d) **Distribución de citas por artículo:** se refiere a la relación entre el número de artículos publicados en un período determinado de tiempo y el número de citas reales obtenidas por cada uno de ellos.
- e) **Producción de artículos por tipo:** indica de qué forma se clasifican los artículos publicados en un período determinado de tiempo. Los artículos analizados se clasificaron como: Artículo, Nota (incluye Editorial y Cartas) y Revisión.
- f) **Promedio de citas por tipo de artículo:** corresponde al promedio de citas que han obtenido los artículos publicados según su clasificación por tipo.

g) **Producción de artículos por título de revista:** describe la relación entre la cantidad de artículos publicados, según el título de revista al cual pertenecen. Además se incluye el Factor de Impacto de cada revista correspondiente al año cero, en el caso de los grupos ICM a los cuales se les levanto la línea base. Con los grupos ICM que comenzaron su ejecución el año 1999 se utilizó el Factor de Impacto de cada revista del año 2003.

## • Fuentes

Las bases de datos utilizadas contienen información generada por el *Institute for Scientific Information (ISI)* de Filadelfia EUA. Este Instituto hace el seguimiento a un número limitado de revistas, que están consideradas como las más representativas de la ciencia internacional de punta. Las revistas seleccionadas son aquellas cuyos artículos reciben el mayor número de citas, es decir aquellas que se encuentran entre las más visibles. Para este estudio se utilizaron dos bases del ISI, detalladas a continuación:

- **ISI 1981-2003:** contiene todas aquellas publicaciones de revistas ISI en las cuales el (los) autor (es) figure (n) con dirección en Chile hasta el año 2003. Esta base de datos fue estandarizada, es decir, los errores de nombres y organizaciones fueron ajustados.
- **NSIOD DELUXE 2003:** Esta base de datos contiene información acerca de la productividad científica de 160 países y diferentes conjuntos (i.e. Comunidad Europea y Latinoamérica), que permiten realizar una comparación de los datos recolectados en este estudio, en parámetros tales como producción de artículos por país en una disciplina específica o impacto de la investigación en un campo determinado, en una ventana de tiempo fija.
- **Web of Science, WOS:** consiste en una base de datos multidisciplinaria que reúne tres diferentes bases de citas: *Science Citation Index*, el cual agrupa más de 5700 revistas que cubren 164 disciplinas científicas; *Social Sciences Citation Index* y *Arts & Humanities Citation Index*. Esta base de datos fue utilizada de forma complementaria a ISI 1981-2003 para verificar las publicaciones que no registraban dirección en Chile o que no estaban incluidas dentro de ISI 1981-2003.
- **Journal of Citation Reports 1999-2003:** esta base de datos contiene información acerca de los Factores de Impacto de las revistas indexadas ISI.

La muestra sobre la cual se trabajan los indicadores base, considera las publicaciones que han sido escritas por investigadores de los grupos ICM con dirección en Chile y que han sido publicadas en Revistas ISI, ya que se busca conocer el aporte que han hecho los investigadores en Chile, sin que esto desmerezca en lo absoluto el trabajo que pudiese haber tenido este investigador fuera de Chile. Es así como se encontraron varias publicaciones que no se encuentran registradas en la base de datos ISI 1981-2003, debido a que los investigadores se encontraban haciendo estadias fuera de Chile al momento de realizar la publicación.

## OTROS INDICADORES

El estudio considera otros indicadores complementarios, que son relevantes al momento de medir el impacto integral de los Centros ICM.

**Formación de jóvenes:** Los jóvenes científicos registrados durante la presente evaluación, están constituidos principalmente por estudiantes de doctorado, seguidos por estudiantes de pregrado, postdoctorantes y estudiantes de magíster.

**Patentes:** El análisis considera el número de patentes solicitadas por los Centros ICM, ya que el período no permite analizar las patentes otorgadas que requieren de un plazo mayor.

**Eventos y conferencias:** Se analizaron dos indicadores:

- El número de investigadores asociados que durante el período organizaron eventos nacionales e internacionales, y
- Se calculó el índice que relaciona el número de conferencias dictadas en congresos en relación al total de investigadores asociados para cada Centro ICM.

**Difusión y proyección al medio externo:** Es el índice que mide las horas promedio por investigador asociado dedicadas a extensión y proyección al medio externo.

### • Recolección de datos y análisis de entrevistas realizadas

Como parte del análisis de los Núcleos e Institutos ICM, se envió a cada investigador responsable e investigador asociado un formulario que fue diseñado durante la evaluación anterior. Una vez recepcionado el formulario, éste fue analizado y utilizado como base para cada una de las entrevistas realizadas.

Para la ejecución de las entrevistas se realizaron reuniones en terreno. Durante las entrevistas se analizaron y aclararon distintos puntos del formulario, junto a los investigadores asociados al grupo ICM. En la mayoría de los casos, se entrevistó a jóvenes científicos y estudiantes de postgrado.

El dato referente a estudiantes tutoriados por los Institutos y Núcleos se obtuvo directamente de los centros ICM, y consideran becarios financiados total o parcialmente por la ICM, así como otros financiados sólo con aportes externos a la ICM.

Se utilizaron los mismos indicadores reunidos en el formulario diseñado para el levantamiento de línea base en el año 2000 (*Niveles de base de indicadores en investigación científica del Programa Iniciativa Científica Milenio*). El levantamiento de información de las bases de datos y desde las unidades ejecutoras (Centros ICM), ha procurado mantener una metodología que asegure la posibilidad de comparar la producción científica, entre la línea de base y los resultados obtenidos de cada centro.

La información base recolectada en el año 2000 por la consultora sobre la productividad de los investigadores antes de formarse los Institutos y Núcleos ICM analizó datos del período 1991 – 1999. Por esta razón, varios de los indicadores comparan resultados de esta etapa con aquellos de los primeros cuatro años de operación de los centros de la ICM. En el caso de las publicaciones, citas y factor de impacto, fue posible evaluar la productividad entre 1996 y 1999, que se comparó con los cuatro años (2000 – 2003) de operación de los Institutos y Núcleos.

### • Limitaciones del Estudio

Aún cuando la epistemometría consiste en un método de cuantificación de publicaciones y citas reconocido internacionalmente, es importante considerar que al mismo tiempo contiene algunas limitaciones.

A continuación se detallan las limitaciones del presente estudio.

Se descartó el análisis de “costo por publicación” o “costo por estudiante” por ser una cifra errática, no representativa de la realidad, ya que no existe un análisis presupuestario detallado que permita discriminar con detalle y precisión, el destino de los recursos en cada caso.

La formación de recursos humanos por parte de cada grupo ICM fue estudiado utilizando como parámetro el número de estudiantes tutorados por investigador asociado. Otros parámetros como dólar invertido por estudiante no fue posible analizar, ya que en varios casos los estudiantes de posgrado son becarios de otras fuentes de financiamiento como CONICYT, mientras desarrollan su programa de posgrado al interior del programa ICM.

La búsqueda de indicadores bibliométricos para el análisis comparado internacional de la ICM, en relación a publicaciones u otros indicadores de productividad, presenta dos importantes problemas metodológicos, ya que difícilmente la información que se encuentre es comparable, tanto para:

- 1. Inversión:** no todos consideran en forma análoga los recursos financieros invertidos. En algunos casos sólo se incluyen los costos directos de un determinado fondo o subsidio, en otros se considera un estudio completo de apalancamiento y otros podrían incluir los gastos fijos o indirectos como sueldos, infraestructura anterior, etc.
- 2. Disciplinas:** no todos clasifican de igual forma o toman estándares internacionales distintos para hacer los análisis, lo que dificulta la homologación.
- 3. Número de investigadores:** en algunos casos sólo se considera a los investigadores principales, en otros a los postdoctorados, estudiantes de doctorado, tesis de pregrado, etc. Esta diversidad de conceptos complica la comparación de los números finales. El criterio por el cual se define a un investigador varía.

## 4. PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA

---

Este capítulo presenta los resultados derivados del análisis de los bancos de datos y de las fichas llenadas por cada uno de los investigadores responsables y asociados a los tres Institutos y cinco Núcleos científicos creados en el año 1999.

### 4.1 EPISTEMOMETRÍA

Esta sección entrega los resultados del análisis de productividad de los Centros ICM, en relación al estudio epistemétrico en comparación con la línea base. Para este estudio se contempló el uso de las publicaciones ISI (artículos, revisiones y notas) sólo de los investigadores asociados de cada centro, y considera aquellas publicaciones coautoradas por dos o más investigadores del mismo grupo ICM como una sola publicación.

Un aspecto de la evaluación realizada fue la consideración exclusiva de las publicaciones generadas por investigadores asociados. Existen casos en que otros investigadores pertenecientes a los grupos ICM, también producen publicaciones científicas y sirven un rol como tutor a estudiantes de pregrado y postgrado. Al no considerar estas publicaciones, se sesga y subestima la productividad de la ICM.

#### 4.1.1 PUBLICACIONES TOTALES

Un análisis global de las publicaciones ISI totales ([Figura 1](#)) muestra un aumento en el nivel de publicación, aumentando las publicaciones anuales totales entre los años 2000-2003 en un 30% en relación a la línea base levantada. Un desglose de este incremento por categorización de la publicación estableció que se debió principalmente a un aumento en el número de artículos publicados en revistas ISI, ya que el número de revisiones y notas publicadas en revistas ISI se mantuvo relativamente igual a la línea base. Cabe destacar que no se consideraron en esta evaluación los libros y capítulos de libros.

## • Publicaciones totales por tipo de Centro ICM

Los Institutos y Núcleos ICM mostraron un incremento en el número de publicaciones totales generadas anualmente durante el período 2000-2003, siendo destacable el caso de los Núcleos ICM, ya que aumentó en 50% su nivel de publicación versus la diferencia observada en los Institutos que fue de 16 % (Figura 1).

## • Artículos, Revisiones y Notas

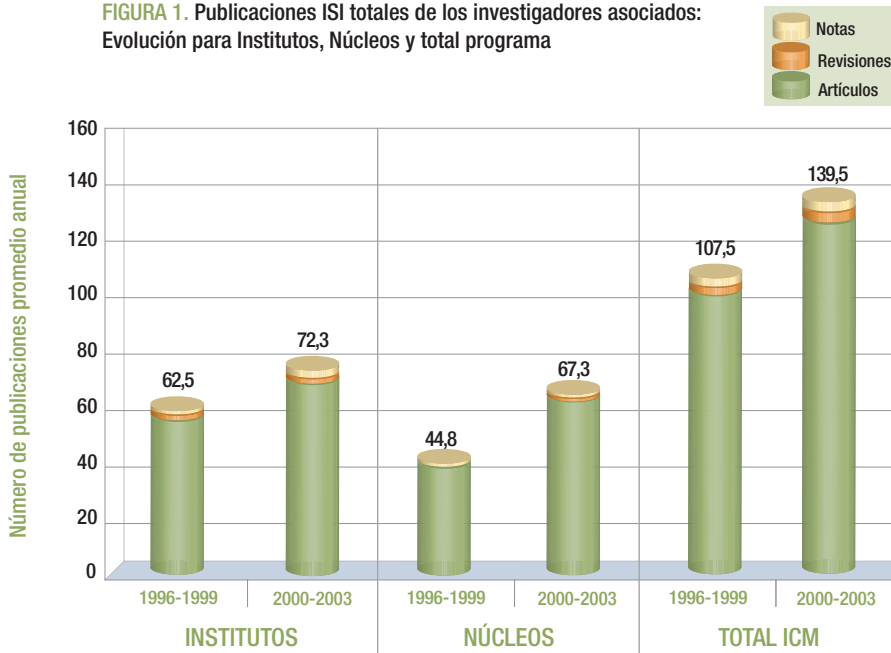
Una desagregación de las publicaciones en sus categorizaciones (artículos, revisiones y notas), revela que si bien ha existido un aumento sostenido en la producción de artículos que describen el trabajo de Institutos y Núcleos Científicos, el número de revisiones no ha cambiado en términos generales.

Al considerar el Programa ICM total, se observa un aumento del 29% en la producción de artículos. Sin embargo, la producción total de revisiones del programa ICM no cambió en relación a la línea base, principalmente por el aporte realizado por los Núcleos ICM en la producción de revisiones, lo cual complementó la disminución en la publicación de revisiones por los Institutos ICM. El total de notas publicadas por el programa ICM tuvo un ligero aumento en comparación a su línea base.

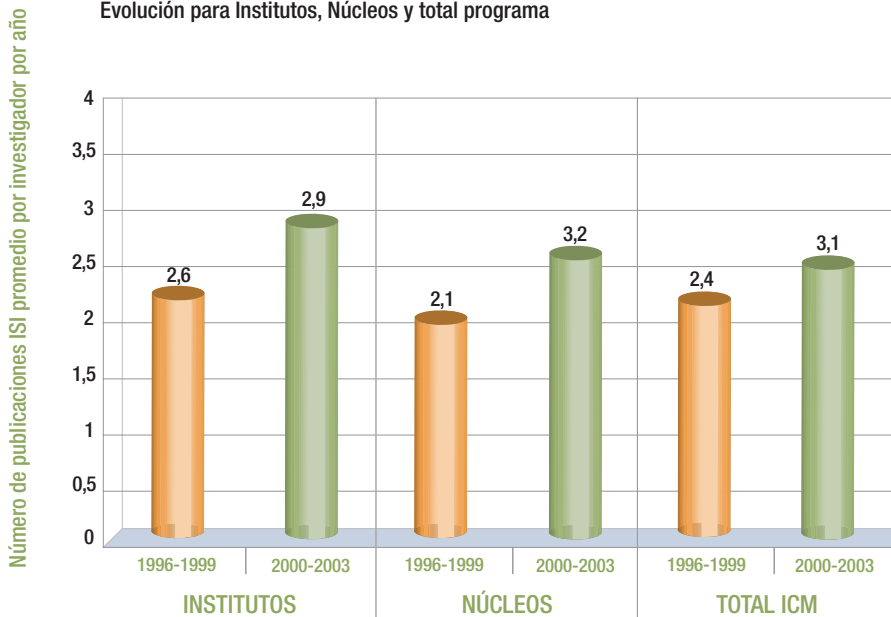
## • Publicaciones por investigador asociado

Al analizar las publicaciones por investigador asociado por año (Figura 2), se observa un incremento de 29% respecto a los valores obtenidos en la línea base al considerar el total del programa ICM. Este incremento se desglosa en un importante aumento del 52% en las publicaciones por investigador asociado a los Núcleos ICM, versus un 12% de los Institutos ICM. Esta diferencia entre tipo de centro podría estar asociada con el tipo de disciplinas comprendidas por los Institutos y Núcleos, o por la relevancia que los centros otorgan a publicaciones frente a otras actividades tales como formación de jóvenes, patentamiento u otros. En términos generales, el estudio revela que en la ICM se han logrado niveles relativamente altos de publicaciones por investigador.

**FIGURA 1. Publicaciones ISI totales de los investigadores asociados:  
Evolución para Institutos, Núcleos y total programa**



**FIGURA 2. Publicaciones anuales por investigador asociado:  
Evolución para Institutos, Núcleos y total programa**



## • Cantidad v/s Calidad

Cabe destacar que este primer análisis, tiene relación con la cantidad. Más adelante se analizan parámetros que ayudan a analizar la calidad de la productividad, a través de las citas y el factor de impacto.

### 4.1.2 CITAS Y FACTOR DE IMPACTO

Una de las formas de evaluar la calidad de las publicaciones, es medir la relación sobre el número de veces en que han sido citadas, o citas generadas por cada publicación. Por otra parte, para cada revista científica se establece anualmente el factor de impacto, que consiste en un cociente de las citas recibidas y las publicaciones citables recientes. Este índice es independiente y establecido anualmente por ISI.

A continuación se muestra el análisis para dos indicadores relevantes de la calidad de la producción científica: Citas por publicación y Factores de Impacto de las revistas en que publicaron los Núcleos e Institutos Científicos. El primer índice es medido desde la aparición de la publicación, hasta el año en que termina la etapa de evaluación, mientras que el Factor de Impacto debió ser extrapolado al año 2003, es decir, se utilizaron los valores de Factor de Impacto para el año 2003.

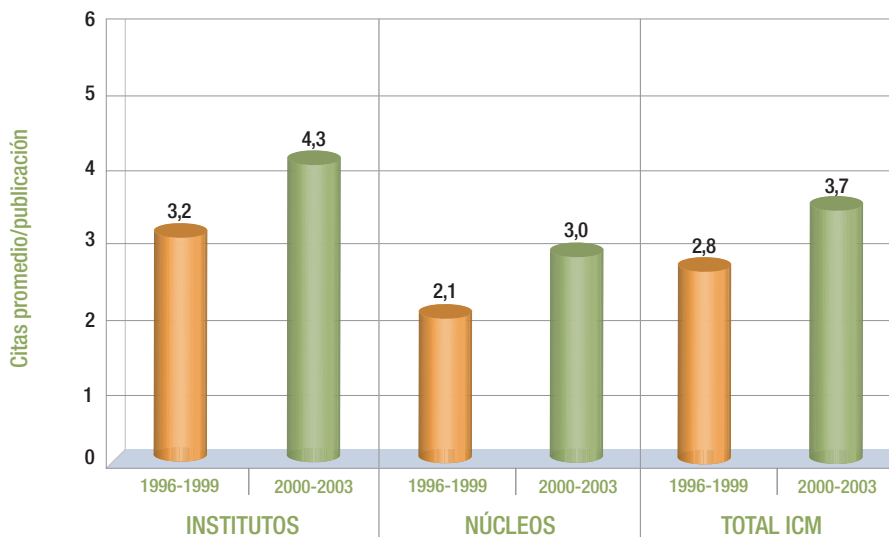
## • Citas por publicación

En relación a las citas por publicación (Figura 3), se puede establecer que el total ICM aumentó notoriamente el indicador de 2,8 a 3,7 citas por publicación, entre el período analizado y la línea base. Al mismo tiempo, se observó un mayor aumento para los Institutos que para los Núcleos durante el período evaluado.

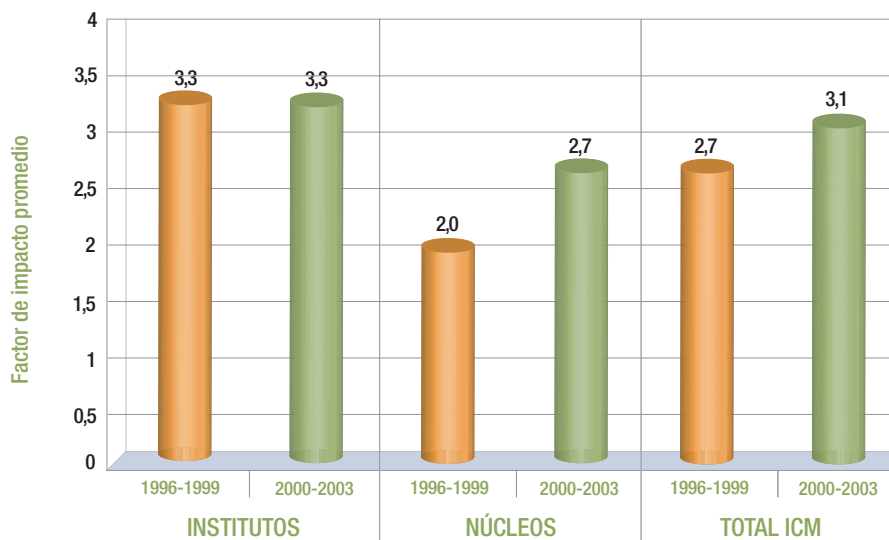
## • Factores de Impacto

Respecto a los factores de impacto promedio de las revistas objeto de publicaciones (Figura 4) en términos generales, la ICM muestra un aumento de 15% relacionado con la creación de los Centros ICM. Sin embargo, los Institutos no registraron cambios en el tiempo, en cambio los Núcleos observaron que el factor de impacto aumentó en 35% respecto a la línea de base.

**FIGURA 3. Citas por publicación:**  
Evolución para Institutos, Núcleos y total programa



**FIGURA 4. Factor de impacto de revistas ISI:**  
Evolución para Institutos, Núcleos y total programa



Es importante tener en consideración que los valores absolutos de factores de impacto no son comparables entre centros, ya que las revistas en las cuales se generan las publicaciones tienen factores de impacto dispares. En algunas disciplinas la revista con más alto factor de impacto, puede tener un valor que duplique a la revista con más alto factor de impacto en otra disciplina.

## 4.2 PATENTES

A continuación se entregan los datos para el análisis de la productividad en relación al número de patentes solicitadas y declaradas por los Centros ICM, tanto en Chile como en el extranjero. Es necesario establecer que las patentes solicitadas no equivalen necesariamente al número de patentes otorgadas.

El número de patentes solicitadas por los grupos ICM, fue muy reducido en relación al indicador obtenido al levantar la línea base de los ocho grupos ICM (Figura 5). En términos generales, las patentes solicitadas descendieron de 4,8 a 3,2 patentes/año. Entre los grupos ICM, durante el período 2000-2002/3, destaca un solo Instituto que registró el mayor número de patentes solicitadas (2,5 patentes/año) seguida de un solo Núcleo con 0,5 patentes/año. Los otros seis grupos ICM no realizaron solicitudes de patentes durante los años evaluados.

Claramente, los bajos índices de solicitud de patentes observados es una muestra más de una debilidad de todo el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del país. Incluso instrumentos de fomento tecnológico, que teniendo a las patentes como elemento central de su actividad, presentan indicadores igualmente pobres que los de la ICM, lo que demuestra que hay un problema endémico y cultural de baja tendencia a la protección intelectual de los resultados de la investigación científica y tecnológica.

## 4.3 FORMACIÓN DE JÓVENES CIENTÍFICOS

El siguiente capítulo muestra el impacto de la ICM en relación a la línea de base con respecto a la formación de jóvenes. Con un contingente de más de 300 jóvenes que se formaron en los Centros ICM entre los años 2000 y 2003, éstos están constituidos principalmente por estudiantes de doctorado, seguidos por estudiantes de pregrado, postdoctorantes y estudiantes de magíster. Se consideraron todos los estudiantes declarados, con o sin beca explícita de la ICM, pero que desarrollan toda su actividad científica en los centros.

## • Productividad en formación de jóvenes científicos por investigador asociado

Los datos dejan en evidencia que uno de los principales logros del programa ICM fue la formación de investigadores jóvenes durante el período evaluado.

Al expresar la formación de jóvenes por cada investigador asociado se observa que este índice casi se triplicó con la creación de los centros ICM, tutoriando cada investigador asociado cerca de 8,5 jóvenes entre los años 2000 y 2003, en su mayor parte estudiantes de doctorado y de pregrado (Figura 6), en relación a la formación de sólo 3,2 jóvenes formados en promedio por cada investigador asociado durante un período mayor, de diez años.

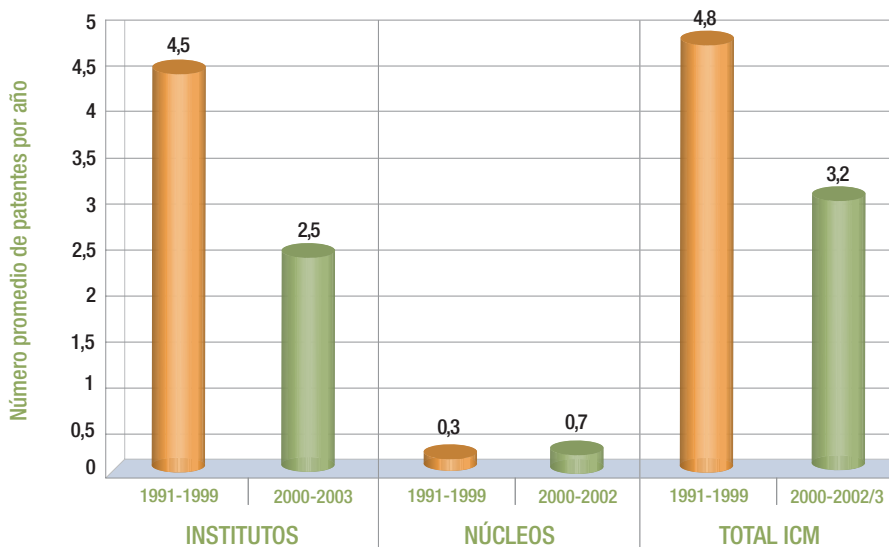
Un desglose por categorías de jóvenes revela que todas aumentaron desde la línea de base hacia la formación de Institutos y Núcleos, destacándose principalmente un incremento en el número de estudiantes de pregrado (266%) y doctorado (142%) por investigador asociado.

Un análisis por Institutos y Núcleos en forma separada muestra que los Institutos presentaron entre 2000 y 2003, en promedio, los mayores índices de estudiantes de doctorado (4,2), estudiantes de pregrado (4,1) y postdoctorantes (1,1) por investigador asociado, mientras que la presencia de estudiantes de magíster es más marcada en los Núcleos (1,2).

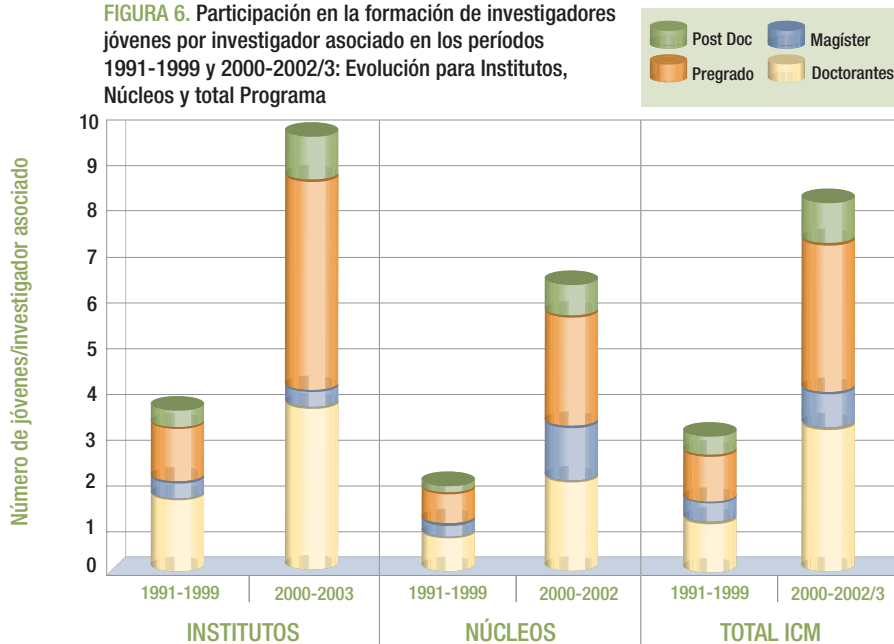
Los incrementos entre la línea base y el período 2000-2002/3 fue más marcado para los Institutos en relación a los Núcleos en todas las categorías de formación de jóvenes; con excepción de los estudiantes de magíster en que se observó un notable aumento en los Núcleos y una leve disminución en los Institutos (Figura 6).

Debido a que el período de tiempo considerado durante el levantamiento de la línea base corresponde a 10 años de formación de jóvenes, en contraste con solo 4 años de la etapa de evaluación ICM, se procedió a aplicar un factor de corrección anual, a objeto de establecer un índice comparativo ajustado. La Figura 7 entrega los resultados, observándose que los impactos en formación de jóvenes investigadores se hacen notablemente mayores al contrastar esta productividad antes y después de la formación de los Institutos y Núcleos ICM. Es así como de un índice general para el programa ICM se aumentó, en el número de total de jóvenes por investigador asociado, de 0,3 (período 1991-1999) a 2,4 (período 2000-2002/3), un aumento de 8 veces (Figura 7). Los Institutos aumentaron la formación de doctorantes y estudiantes de pregrado corregidos anualmente en aproximadamente 6 y 9 veces respectivamente, en tanto que los Núcleos incrementaron la formación de doctorantes y estudiantes de pregrado en 7 veces; y de magíster en 10 veces.

**FIGURA 5. Patentes solicitadas:**  
Evolución para Institutos, Núcleos y total Programa



**FIGURA 6. Participación en la formación de investigadores jóvenes por investigador asociado en los periodos 1991-1999 y 2000-2002/3: Evolución para Institutos, Núcleos y total Programa**



## 5. OTRAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

---

A continuación se describen los resultados de productividad en elementos complementarios, en relación a la línea base. Sin embargo, en ellos sólo se hace un análisis cuantitativo, ya que no hay elementos para realizar una evaluación cualitativa (calidad).

### 5.1 EVENTOS Y CONFERENCIAS

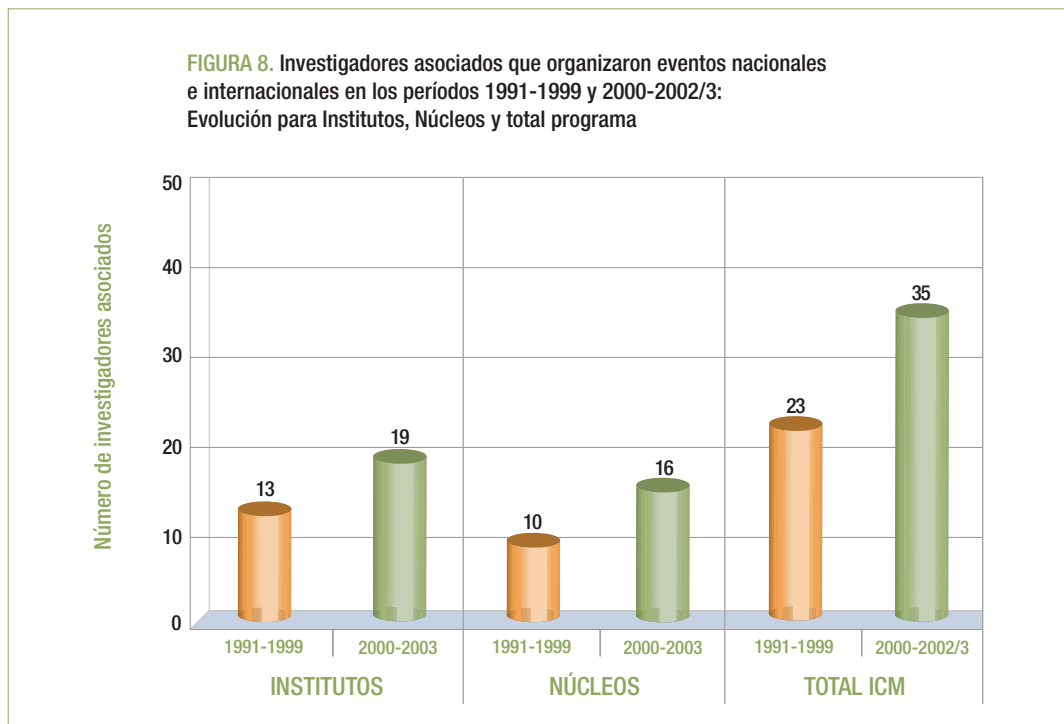
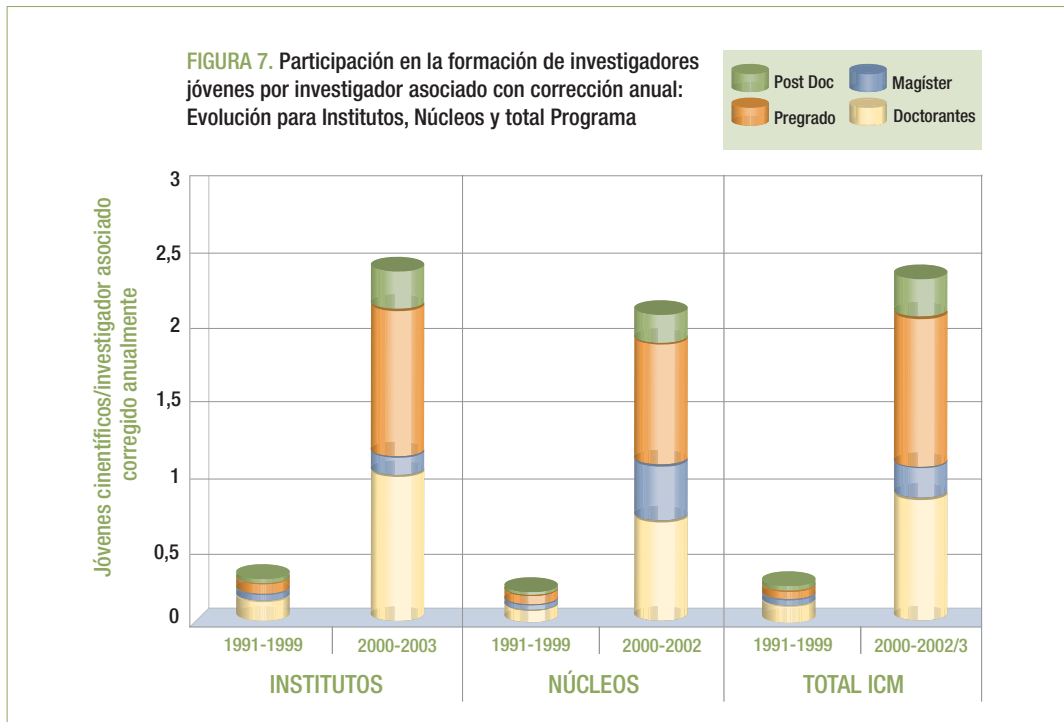
Eventos y conferencias considera dos tipos de indicador:

- El número de investigadores asociados que durante cada período organizaron eventos nacionales e internacionales.
- El índice que relaciona el número de conferencias dictadas en congresos, en relación al número total de investigadores asociados para cada Centro ICM.

#### ORGANIZACIÓN DE EVENTOS CIENTÍFICOS

Respecto a la organización de talleres, conferencias y reuniones nacionales e internacionales, se observó que el programa ICM incrementó este parámetro en 52% a partir de la creación de los centros (Figura 8). Cabe destacar que se compara un período de 10 años con otro de 4, por lo que sobre la línea de base teóricamente anualizada, este incremento debiese ser más marcado.

Los Institutos registraron mayor actividad antes y después de su formación respecto a los Núcleos, lo que estuvo relacionado al mayor número de investigadores asociados en éstos (24,5) que en los Núcleos (21). Sin embargo, un análisis más detallado del número de investigadores asociados involucrados en la organización de eventos permite establecer que los Núcleos aumentaron 60% este indicador respecto a su línea base, mientras que en los Institutos ICM, el incremento fue de un 46%. Cabe destacar que estos incrementales observados se produjeron en un periodo de 4 años para los Institutos y de 3 años para los Núcleos. Al analizar la proporción de investigadores asociados involucrados en la organización de eventos entre 2000 y 2003 respecto al número total de ellos, se observó que ambos tipos de centro fueron similares (78 y 76% para Núcleos e Institutos respectivamente).



## PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS CON PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

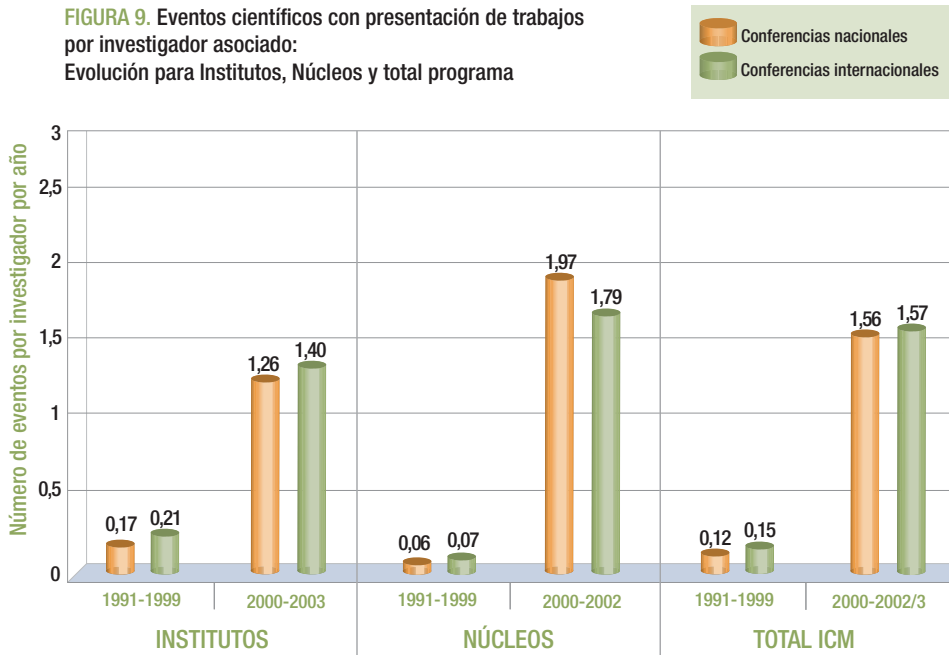
En relación a la presentación de trabajos a congresos nacionales e internacionales (Figura 9) se observó que durante el período evaluado los investigadores asociados de la ICM asistieron a 11 veces más conferencias por año, entre los años 2000-2002/3, respecto a la línea base. Este avance fue mayor con los Núcleos que con los Institutos: los Institutos aumentaron su participación en congresos nacionales e internacionales aproximadamente 7 veces durante el período 2000-2003 mientras que los Núcleos incrementaron estos indicadores aproximadamente 33 veces para los congresos nacionales y 26 veces para los congresos internacionales.

## 5.2 DIFUSIÓN Y PROYECCIÓN AL MEDIO EXTERNO

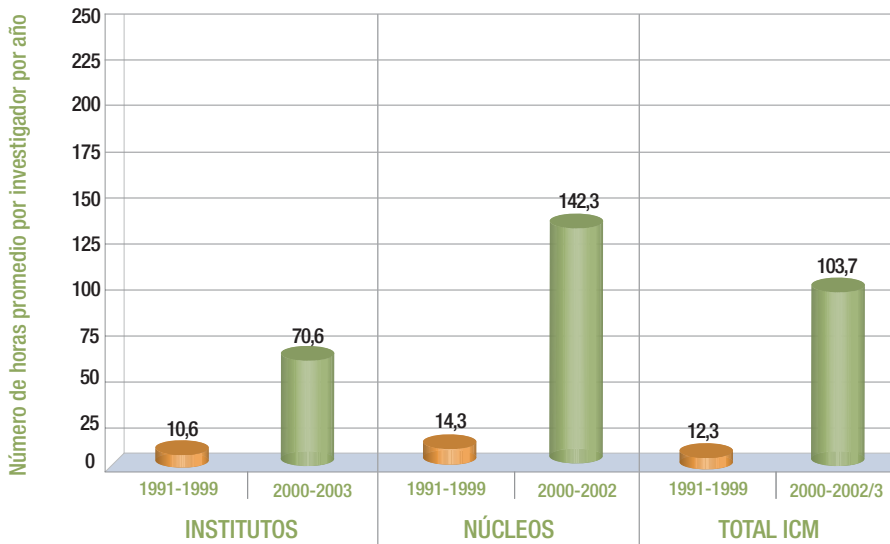
Este indicador mide las horas promedio por investigador asociado dedicadas a extensión y proyección al medio externo.

El programa ICM demostró que sus investigadores asociados registran una considerable dedicación a actividades de extensión, aumentando notablemente desde 12 horas anuales por investigador (línea de base) a 103 horas por año en el período evaluado (Figura 10). Este aumento se debe principalmente al esfuerzo demostrado por los Núcleos ICM, que aumentaron de 14 a 142 horas anuales por investigador. Para los Institutos, este incremento fue de más de 6 veces, de 11 a 71 horas anuales por investigador.

**FIGURA 9.** Eventos científicos con presentación de trabajos por investigador asociado:  
Evolución para Institutos, Núcleos y total programa



**FIGURA 10.** Dedicación de investigadores asociados a actividades de extensión:  
Evolución para Institutos, Núcleos y total Programa



## 6. RESÚMEN SOBRE LOS PRINCIPALES INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA

Los siguientes cuadros presentan integradamente los principales indicadores de productividad de los Institutos y Núcleos ICM, antes de su creación y durante la etapa 2000-2003.

**CUADRO 1. Productividad científica en publicaciones y solicitud de patentes: Evolución para Institutos, Núcleos y total Programa**

	NÚMERO DE INVESTIGADORES ASOCIADOS	PUBLICACIONES / INVESTIGADOR / AÑO		CITAS POR PUBLICACIÓN		FACTORES DE IMPACTO PROMEDIO		PATENTES TOTALES SOLICITADAS POR LOS CENTROS / AÑO	
		1996-1999	2000-2003	1996-1999	2000-2003	1996-1999	2000-2003	1991-1999	2000-2003
INSTITUTOS	24,5	2,6	2,9	3,2	4,3	3,3	3,3	4,5	2,5
NÚCLEOS	21	2,1	3,2	2,1	3,0	2,0	2,7	0,3	0,7
TOTAL ICM	45,5	2,4	3,1	2,8	3,7	2,7	3,1	4,8	3,2

**CUADRO 2. Formación de jóvenes científicos por investigador asociado, con factor de corrección anual: Evolución para Institutos, Núcleos y total programa**

		DOCTORANTES	MAGISTER	PREGRADO	POST DOC	TOTAL
INSTITUTOS	1991-1999	0,17	0,05	0,11	0,05	0,38
	2002-2003	1,05	0,10	1,03	0,28	2,46
NÚCLEOS	1991-1999	0,10	0,04	0,06	0,02	0,22
	2000-2002	0,78	0,40	0,79	0,24	2,21
TOTAL ICM	1991-1999	0,14	0,05	0,09	0,04	0,32
	2002-2002/3	0,97	0,23	0,94	0,26	2,40

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

---

**D**el presente estudio se puede concluir que la inversión realizada a través de la creación del Programa ICM, ascendente a un promedio anual de \$ 3.760 millones actualizados al 2005 (US\$ 5,85 millones) entre los años 1999 y 2003, ha derivado en un considerable aumento de la productividad científica de sus Institutos y Núcleos Científicos. Esto se ha expresado particularmente en los siguientes parámetros: (a) un notorio aumento en el número de publicaciones ISI, especialmente en los Núcleos, y en general asociado a una mejor calidad medida por los índices de citaciones y factor de impacto; (b) un impactante aumento en formación de jóvenes científicos, especialmente de estudiantes de doctorado y de pregrado, alcanzando elevados índices de tutorías por investigador asociado; y (c) notables aumentos en la presentación de trabajos en conferencias nacionales e internacionales, así como en actividades de proyección al medio externo. Sin embargo, las iniciativas de resguardo de la propiedad intelectual, fueron escasas antes del inicio y durante el desarrollo de los centros ICM, concluyéndose que se trata de una debilidad del Programa ICM, que también es una deficiencia generalizada del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Un contraste entre Institutos y Núcleos Científicos permite concluir que estos difirieron en cuanto a los indicadores en que pusieron más esfuerzos. Es así como los Institutos formaron un contingente mayor de jóvenes científicos y fueron más activos en solicitar patentes, pero en cambio los Núcleos incrementaron considerablemente más en publicaciones aunque no de tan alta calidad, también fue más notoria en la asistencia a congresos y conferencias con presentación de trabajos, respecto a los Institutos. El mayor número de patentes evidenciadas con los Institutos difícilmente puede atribuirse a este tipo de centro ICM, pues, al igual que en el caso de los Núcleos, prácticamente la totalidad de las patentes fueron solicitadas por sólo un Instituto y un Núcleo. En consecuencia, en este corto período de tiempo no es fácil recomendar si a futuro debiese enfatizarse la creación de uno u otro tipo de centro ICM, por lo que parece recomendable continuar con el desarrollo de ambos modelos de centros de excelencia, procurando más adelante evaluar adicionalmente otros de sus logros e impactos.

Es lamentable que no haya sido posible establecer comparaciones de productividad entre los centros ICM y agrupaciones de investigadores semejantes, tanto nacionales como extranjeras, debido a la carencia de información sobre los indicadores aplicados en el presente estudio, para disciplinas similares.

Cabe mencionar que la productividad medida según los parámetros e índices usados en el

presente estudio, podría ser parcial. Sería interesante, por ejemplo, analizar los múltiples vínculos establecidos entre los centros ICM y la industria y los sectores educacional y público, dimensionando sus resultados e impactos. Tampoco se han podido tomar en cuenta en este estudio los impactos derivados de algunos descubrimientos originales en el contexto internacional informados por los centros ICM en sus primeros años de existencia; y de la apertura de nuevas líneas de investigación, entre otros.

Los resultados positivos derivados de este estudio son concordantes con la alta valoración del Programa ICM entregada por paneles independientes de expertos extranjeros, expuestos en el sitio web de la ICM. En conclusión, parece recomendable esperar un fortalecimiento del Programa ICM, procurando ampliar sus desafíos y oportunidades.

## 8. RECOMENDACIONES

---

A continuación se muestran un conjunto de principales recomendaciones:

- Las futuras evaluaciones deberán considerar las publicaciones realizadas un año después de finalizado el Núcleo o Instituto ICM. Se ha comprobado que la mayoría de estas publicaciones se han originado con investigación financiada con fondos ICM.
- El considerar solamente la productividad científica de los investigadores asociados a los Núcleos e Institutos ICM, sesga la evaluación. Se sugiere realizar un levantamiento de información por Centro ICM y no por investigador asociado, lo que permitirá obtener una visión integral. Sería conveniente incluir la firma de todos los investigadores en el documento para evitar problemas posteriores.
- Una de las variables que afectan la evaluación, resulta de la incorporación de los artículos reportados por los grupos que participan de la Iniciativa Milenio y que no consignan a Chile o a la Iniciativa Milenio en forma vinculante a su autoría. Debería ser un requisito de la Iniciativa considerar exclusivamente aquellas publicaciones que mencionan a la Iniciativa Científica Milenio en la autoría. En todo caso, la evaluación siguió exactamente los términos de referencia concordados que incluían estos artículos.

- Incluir en los informes anuales una tabla donde se llenen los datos sobre el número de congresos asistidos y presentaciones realizadas durante el año, debido a que un elevado porcentaje de investigadores no retiene esta información por períodos prolongados de tiempo.
- En los informes y memorias anuales sería conveniente que los grupos ICM categorizaran la lista de publicaciones incluida como: “publicadas”, “aceptadas” o “*in press*” y “enviadas” o “*submitted*”.
- El formulario enviado a los investigadores asociados de los distintos grupos ICM fue demasiado extenso, siendo posible extraer gran parte de la información de los informes y memorias anuales. Se diseñó un formulario más breve, para ser usado en una futura evaluación. Cabe considerar que el 90% de la información solicitada está en los informes o memorias de los centros. Por lo tanto, se hacen las siguientes sugerencias:
  - Completar el formato de memoria anual para que contenga todos los elementos de la ficha y utilizar la ficha sólo para iniciativas nuevas.
  - Pre-llenar la ficha con la información de las memorias o consultar sólo los elementos que no están en las memorias.
- CONICYT está implementando este sistema de información (SICTI) que permitirá contar con información en línea a través de los currícula y los informes de proyecto. En la medida que se implemente el SICTI, el análisis de productividad se hará en forma automática. Por lo tanto, se recomienda a la ICM debe incorporarse al SICTI lo antes posible.
- Considerar “*output*” y no “*input*” (especial en extensión e interacción con la industria). Evitar tener indicadores como “número de horas”. Trabajar en elementos concretos como artículos en revistas masivas, conferencias, etc. En interacción con la industria, eliminar concepto de “tiempo” y trabajar temas como convenios, proyectos, intercambios, recursos levantados (pedir que se identifique a la empresa respectiva).
- Falta establecer si el Centro ha permitido generar nuevos proyectos, convenios o programas con financiamiento público o privado, nacional o internacional. Pedir una cuantificación de los aportes y el “apalancamiento” logrado.
- Medir flexibilidad y trabajo en equipo. Ver la posibilidad de analizar el gran valor del Programa ICM, la flexibilidad que da a los investigadores y el trabajo en equipo que potencia.

■ **Otras recomendaciones:**

- Falta medir participación en comités internacionales y vínculos con entidades extranjeras.
- Incorporar el nombre de los estudiantes, en conjunto con el grado en la identificación de las tutorías.
- No pedir factor de impacto, ya que se puede obtener de las bases de datos. Recordar que los factores son distintos en función de la disciplina para cada revista.
- Incluir otras formas de productividad como libros o capítulos de libros.

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: ANDREA ITURRA

TRADUCCIÓN: MIRTA OLIVA

IMPRESIÓN: IMPRENTA Y EDITORIAL HOWARD LIMITADA

INICIATIVA CIENTÍFICA MILENIO

MARZO 2006



INICIATIVA CIENTÍFICA MILENIO  
Mideplan

Nueva York 25, piso 5  
Fono: (56-2) 675 1614  
Fax: (56-2) 675 1650  
Sitio web: [www.iniciativamilenio.cl](http://www.iniciativamilenio.cl)

Santiago-Chile