INSTITUTO DE CHILE
ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS

Elementos sobre el desarrollo científico en Chile: Logros y desafíos

Servet Martínez

6 de Noviembre 2006

Elementos para Políticas en Ciencia y Tecnología

•La comunidad científica nacional es pequeña pero con un gran impacto. Ella se duplicó en los últimos 10 años, el número de artículos ISI se duplicó y aumentó en impacto y la formación de doctorados se cuadriplico en el período.

•Existe un número dramáticamente pequeño de ingenieros de especialidades distintas a administración y economía.

•Existencia de problemas estratégicos nacionales que requieren de ciencia e ingeniería de alto nivel que “sólo” pueden ser abordados en Chile.

Objetivos Inmediatos

- Incrementar la comunidad científica.
- Internacionalizar la competitividad de los doctorados.
- Mejor al acceso a la información relevante en ciencia y tecnología (universidades, agencias gubernamentales, patentes).

- Incrementar los fondos para los centros de excelencia (FONDAP, Milenio): investigación científica, formación, alianzas con empresas, redes internacionales de interacción.
- Identificar los actores en la comunidad científica y las empresas capaces de abordar problemas estratégicos nacionales (clusters).
- Promover alianzas entre universidades, centros de investigación y empresas .

I. *Estudio Academia Chilena de Ciencias.*

Introducción.

La ciencia y la tecnología de Chile del año 2005 es más fuerte que la que teníamos en 1993 en número de investigadores, en la cantidad y calidad de las publicaciones, en los fondos disponibles para apoyar a los proyectos de ciencia y tecnología e innovación y en el número de programas que forman doctores en todo el país. Se han más que doblado los índices de productividad, se ha aumentado el impacto de la ciencia hecha en el país y se ha cuadriplicado la formación de capital humano de excelencia.

A pesar de estos importantes avances, las principales conclusiones son más bien de preocupación que de satisfacción, pues es necesario que calibrar la velocidad de nuestro progreso frente a la meta de lograr el desarrollo socioeconómico de nuestra nación en la actual generación y frente al acelerado avance de otras naciones con las que debemos competir en un mundo cada vez más globalizado.

1. Los recursos humanos que actualmente general conocimiento

El Directorio reúne a 2250 personas en las 11 áreas del conocimiento. Comparando con 1993, ha habido un incremento de un 66% (el total de investigadores fue de 1342). Este incremento es diferente por área, en astronomía se han duplicado, hay aumentos menores en biología. La distribución es biomedicina (22%), biología (19%), química (11,6%), física (8,9%), agronomía (8,5%), ciencias ambientales (7,3%), matemáticas (7,5%), ciencias del mar (7,2%), ciencias de la tierra (6,6%) y astronomía (1,9%).

2. Formación de nuevos recursos humanos en ciencia y tecnología

El pequeño número de investigadores con que el país cuenta es insuficiente para poder responder al desafío de desarrollo en nuestro país, y parte importante de nuestros actuales investigadores tienen edades que harían necesario su reemplazo. Luego,una primera prioridad es el incremento acelerado en la formación de nuevos recursos humanos altamente calificados para poder desempeñarse en la complejidad de los desafíos científicos de las primeras décadas del siglo XXI.

3. Productividad científica medida por publicaciones y patentes

Más del 75% de las publicaciones se originan en 5 de las 60 universidades existentes en Chile (U. de Chile, P. U. Católica de Chile, U. de Concepción, U. de Santiago y U. Austral de Chile), las mismas que son responsables de la mayoría de los doctorados. Más del 60% de las publicaciones se originan en la Región Metropolitana. Algunas Universidades Regionales muestran una especialización en sus investigaciones a temas ligados al quehacer socioeconómico de esas regiones.

En el tema de patentes el país está muy rezagado. En 1995 se presentaron sòlo 170 solicitudes de patentes por entidades chilenas, número que subió a 382 en el año 2004.

4. Financiamiento de la Investigación en Ciencia y Tecnología

Sobre fondos concursables. Un 67% se dédico a ciencia básica, y si bien FONDECYT y la Iniciativa Milenio han aumentado un 54% entre en 1995 y el 2004 ha habido un estancamiento y aún una leve disminución de estos fondos. El número de proyectos nuevos aprobados por el FONDECYT ha disminuido de 445 apoyados en 1995 a 364 apoyados el 2004. Estos datos son preocupantes pues FONDECYT es el principal instrumento de apoyo a los proyectos científicos y en esa misma década se formaron más de 600 nuevos doctores y el número de investigadores aumentó en un 65%.

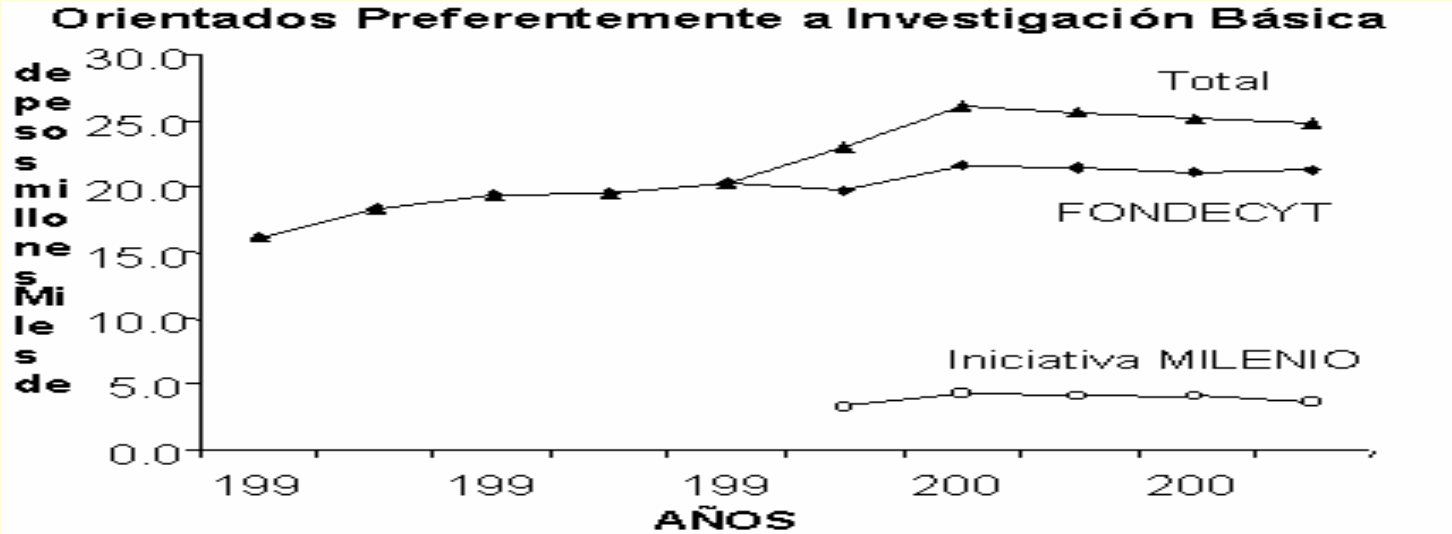
5. La inserción de la ciencia chilena en la ciencia mundial

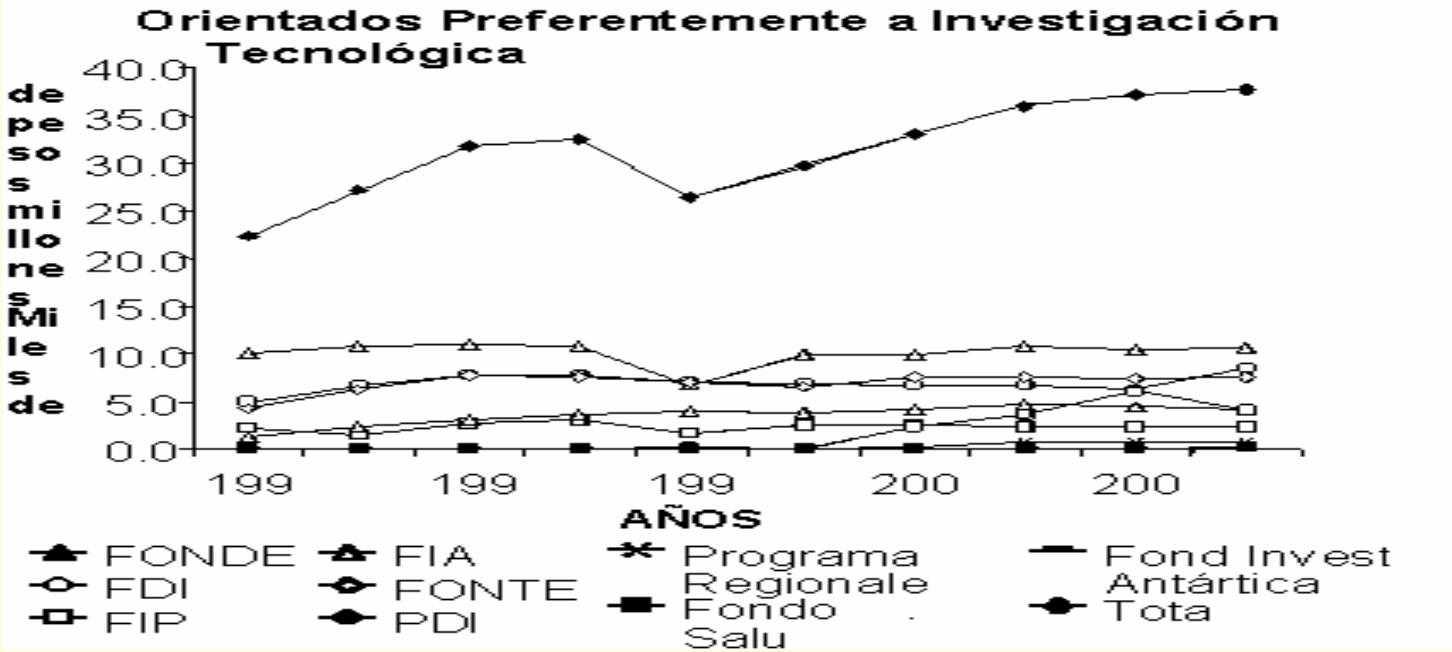
De los países con grupos que colaboran con autores chilenos, el principal es USA, de Europa destacan Alemania, España, Francia, Reino Unido e Italia. En América Latina colaboramos con Brasil, Argentina y México. En algunas áreas hay un esfuerzo focalizado en programas bilaterales. En Química, España es el principal socio, duplicando a USA, en Matemáticas, Francia en segundo y en Física, Bélgica aparece tercero.

Un 70 % de los 2000 doctores en ciencias que participan en proyectos FONDECYT obtuvieron su grado académico en el extranjero: 27% en USA, 35% en la Unión Europea y 5% en América Latina.

6. Inserción de la ciencia en la sociedad chilena

La ciencia y la tecnología son parte fundamental de la cultura por lo que la sociedad debe apropiarse del quehacer científico-tecnológico como algo propio, valioso e indispensable. En los medios de comunicación social se han logrado avances, especialmente en los medios escritos. En el construir puentes de diálogo entre la Sociedad y la comunidad científica-tecnológica, la educación formal en las escuelas y liceos juega un papel fundamental.





INSTITUTO DE CHILE
ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS

Patentes

Número de patentes presentadas en USA por millón de habitantes del país de origen del inventor en el período 1993 - 2003.

País	Solicitudes por Año de Presentación y por Millón de Habitantes		Patentes por Año de Concesión y por Millón de Habitantes	
	1993	2003	1993	2003
Alemania	130.6	229.2	85.7	138.9
Argentina	1.9	3.2	0.7	1.6
Australia	44.4	117.3	21.5	45.7
Brasil	0.7	1.4	0.4	0.7
Canadá	142.7	240.6	70.9	106.4
Chile	**0.8**	**2.1**	**0.7**	**0.7**
Corea del Sur	36.8	215.6	17.7	81.7
España	6.9	15.0	4.0	7.7
Finlandia	113.6	372.1	58.6	166.3
Francia	75.4	109.7	50.8	64.3
Irlanda	29.7	94.4	15.1	42.5
Israel	170.9	416.2	66.8	195.6
Japón	279.6	474.4	179.1	279.2
México	0.9	1.8	0.5	0.8
Nueva Zelanda	25.8	96.8	11.8	33.8
Reino Unido	76.4	128.1	39.7	60.1
Singapur	37.1	175.2	13.6	97.0
Sudáfrica	5.9	5.2	2.2	2.6
Suecia	134.5	260.0	74.0	170.9
USA	254.5	650.8	209.2	302.8

**Solicitudes de patentes de USA presentadas por país de origen del primer inventor (primera columna), en el año indicado, por millón de habitantes de dicho país durante ese año.

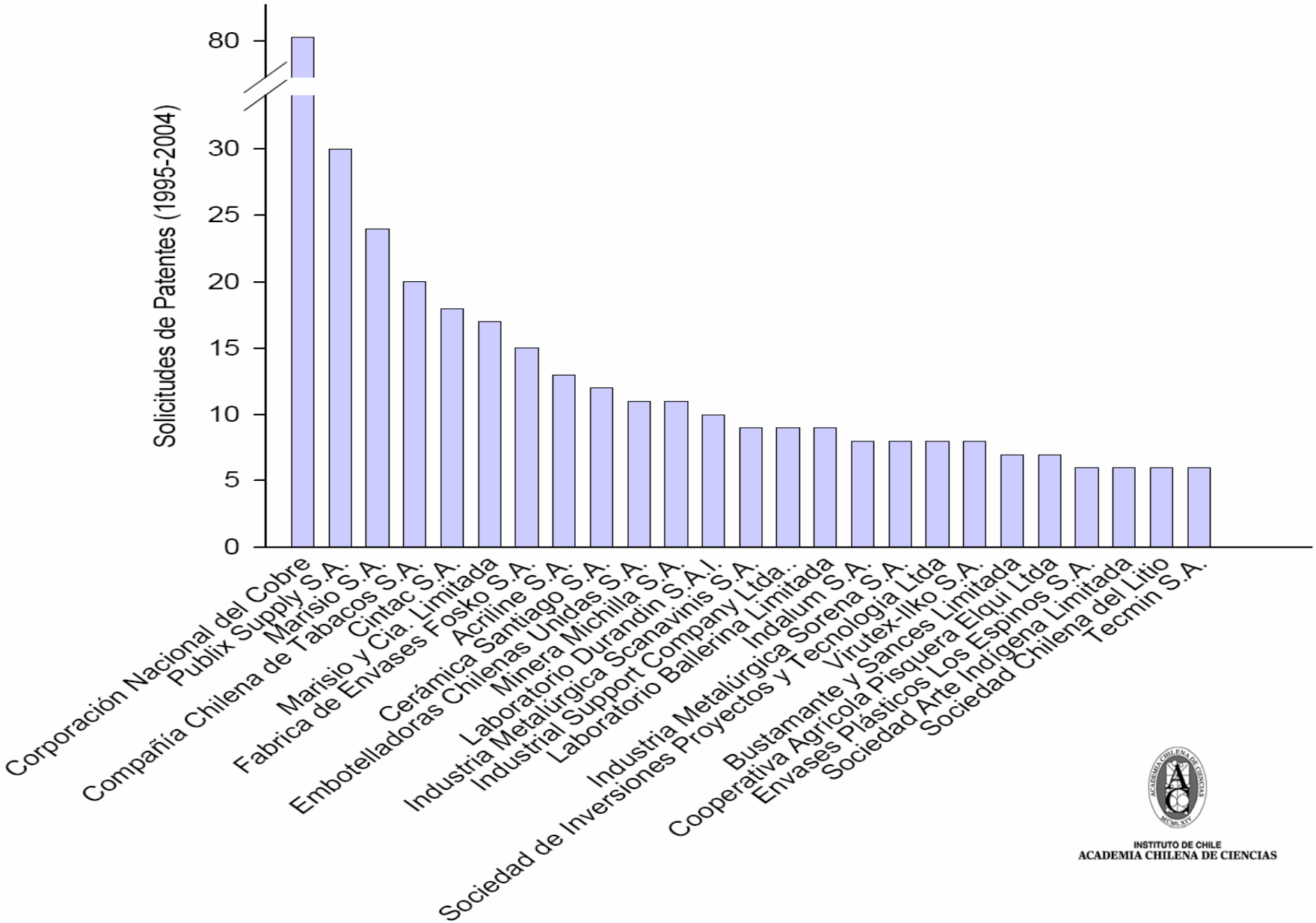
**Patentes de USA por país de origen del primer inventor (primera columna), en el año indicado, por millón de habitantes de dicho país durante ese año.

Fuentes utilizadas:
patentes: www.uspto.gov
población: www.theodora.com/wfb

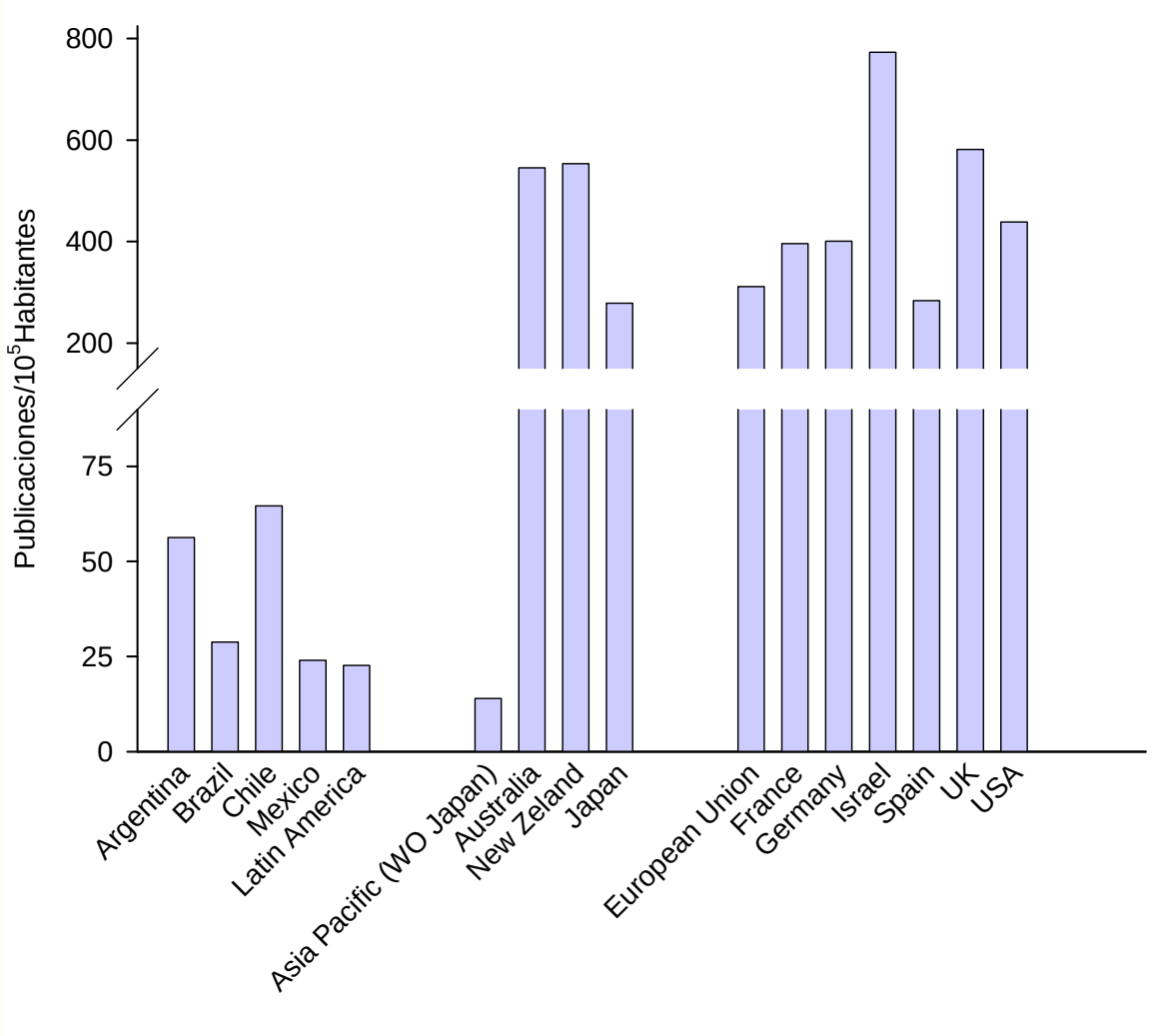
Estudio Academia Chilena de Ciencias: publicaciones y patentes

INSTITUTO DE CHILE
ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS

Solicitudes de patentes por empresas en el período 1995 - 2004.



Productividad científica en el período 1999-2003 per capita en todas las disciplinas

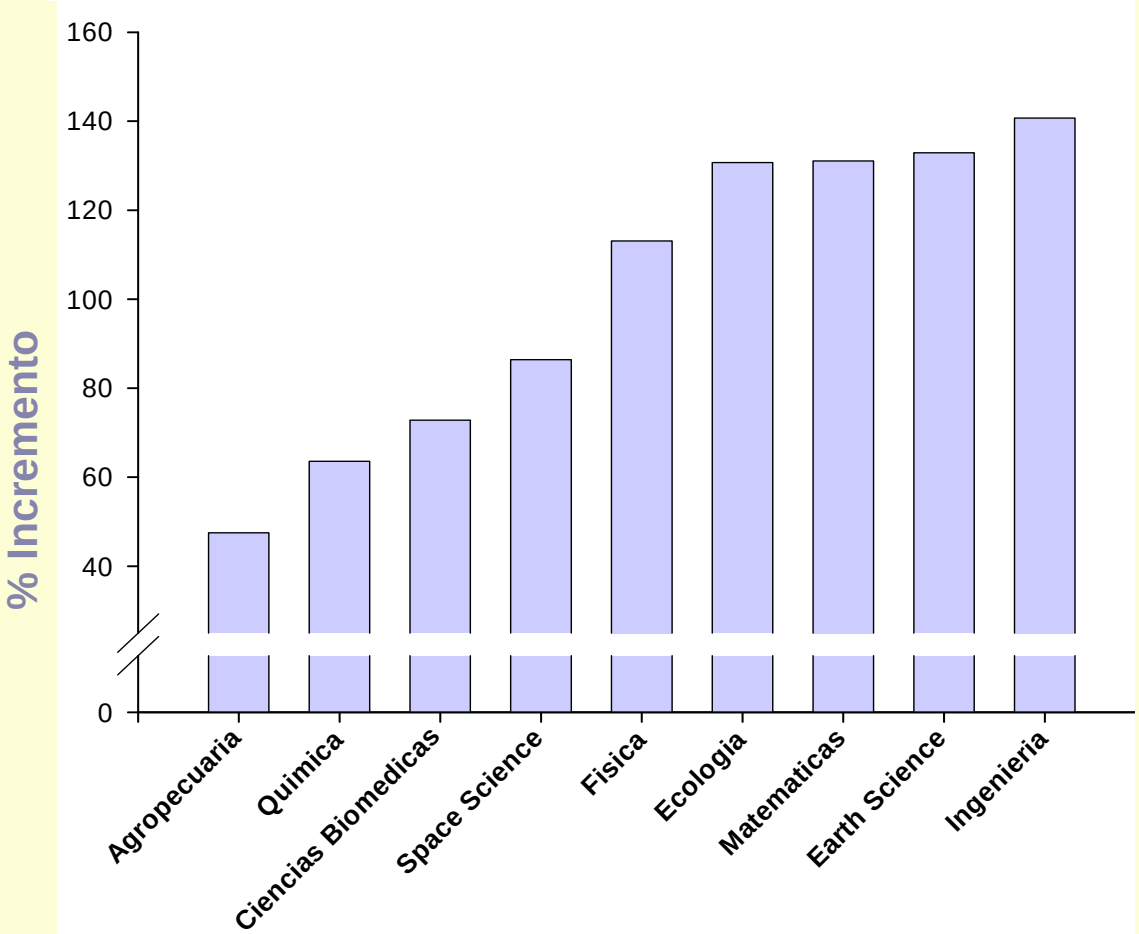


INSTITUTO DE CHILE
ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS

Tasa creciente de publicaciones en los períodos 1993-1997 y 1998-2003 (porcentaje de incremento en número de publicaciones)

INSTITUTO DE CHILE
ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS

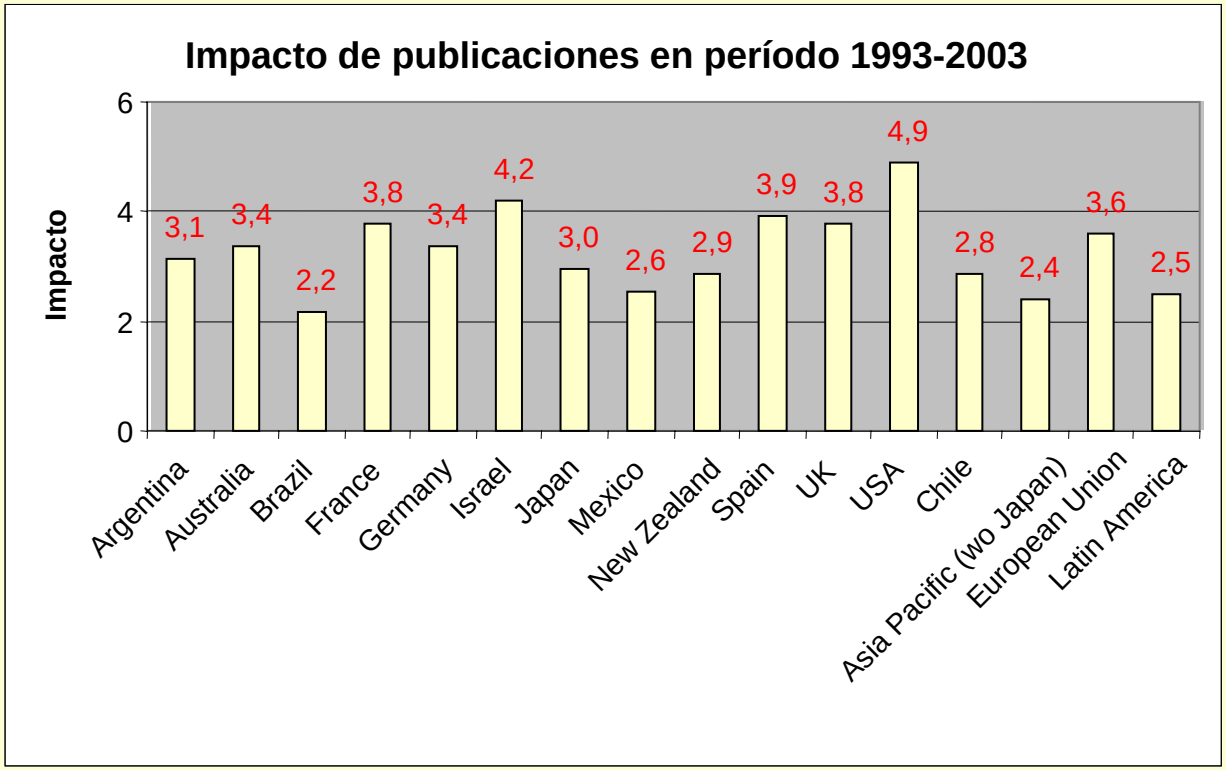
DISCIPLINE	PUBLICATIONS 1993-1997	PUBLICATIONS 1998-2003	Percentage increment
PHYSICS	443	944	**113,1**
AGRICULTURE	202	298	**47,5**
CHEMISTRY	1040	1701	**63,6**
ENGINEERING	258	621	**140,7**
SPACE SCIENCE	686	1279	**86,4**
ECOLOGY	521	1202	**130,7**
EARTH SCIENCE	173	403	**132,9**
MATHEMATICS	190	439	**131,1**
BIOMEDICAL SCIENCES	474	819	**72,8**



Estudio Academia Chilena de Ciencias: publicaciones y patentes

Ingeniería

	PUBLICATIONS	IMPACT
Argentina	1663	3,1
Australia	14112	3,4
Brazil	4576	2,2
France	25522	3,8
Germany	31662	3,4
Israel	6509	4,2
Japan	46975	3,0
Mexico	1862	2,6
New Zealand	2183	2,9
Spain	10771	3,9
UK	46771	3,8
USA	193469	4,9
Chile	879	2,8
Asia Pacific (wo Japan)	92252	2,4
European Union	166718	3,6
Latin America	10108	2,5



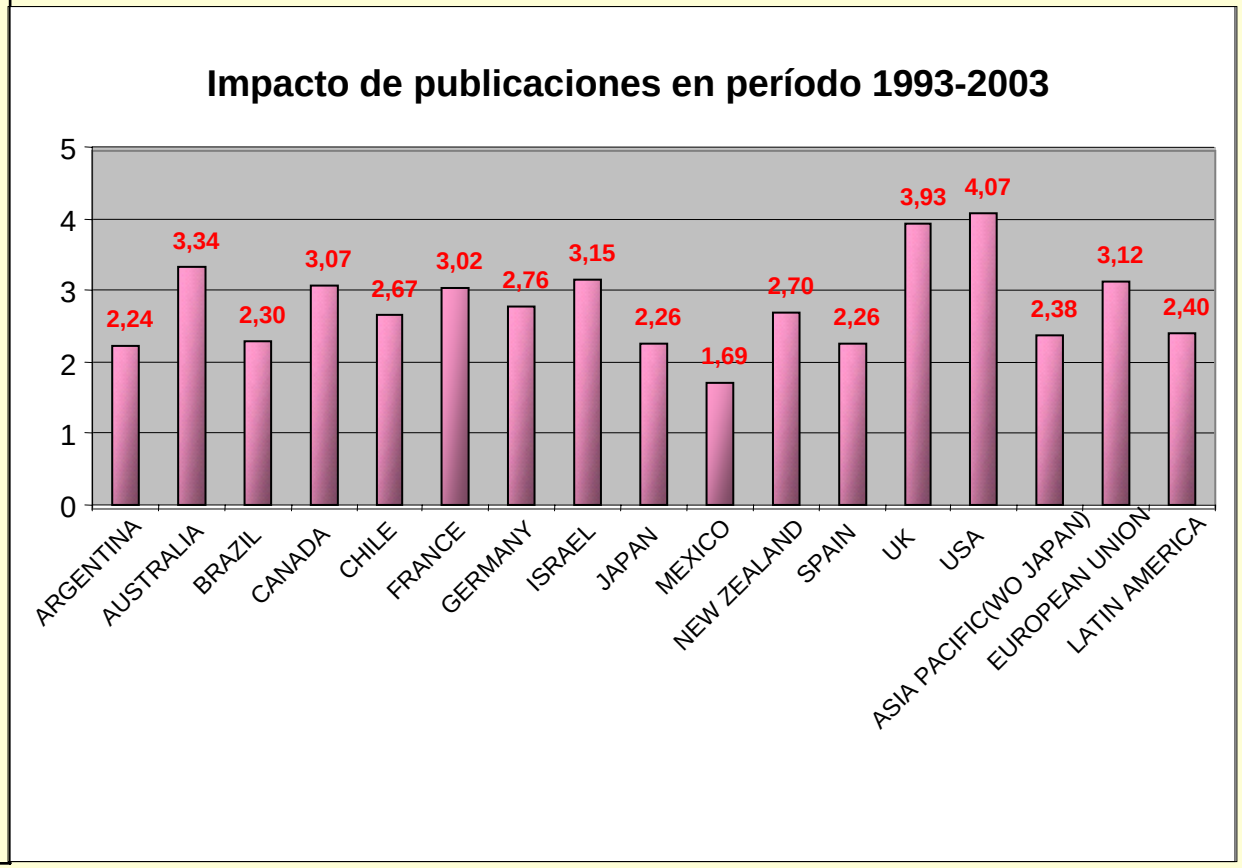
Ingeniería Química, Civil, Eléctrica, de Minas, Mecánica, Ciencias de la Computación, Economía, Geología.

Estudio Academia Chilena de Ciencias: publicaciones y patentes

	IMPACT	PUBLICATIONS
ARGENTINA	2,24	542
AUSTRALIA	3,34	3736
BRAZIL	2,30	2040
CANADA	3,07	7943
CHILE	2,67	629
FRANCE	3,02	17011
GERMANY	2,76	14061
ISRAEL	3,15	4348
JAPAN	2,26	8057
MEXICO	1,69	852
NEW ZEALAND	2,70	728
SPAIN	2,26	6162
UK	3,93	10044
USA	4,07	52139
ASIA PACIFIC(WO JAPAN)	2,38	21307
EUROPEAN UNION	3,12	61644
LATIN AMERICA	2,40	4522

Matemáticas

INSTITUTO DE CHILE
ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS



ESSENTIAL SCIENCE INDICATORS
POWERED BY ISI WEB OF KNOWLEDGE

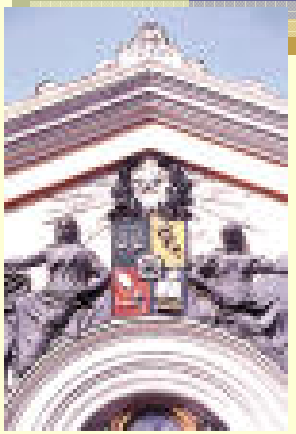
- *Country/Territory Rankings in Mathematics*
- *Display items with at least 100 Papers*
- *Sorted by: Citations per Paper*

Nº	Country/Territory	Papers	Citations	Citations per paper
14	Finland	1,305	3,920	3.00
15	France	20,848	61,666	2.96
16	Sweden	2,425	7,165	2.95
17	Canada	10,619	31,317	2.95
18	Singapore	1,204	3,474	2.89
19	Chile	834	2,260	2.71

ESSENTIAL SCIENCE INDICATORS
POWERED BY ISI WEB OF KNOWLEDGE

- *Institution Rankings in Mathematics*
- *Display items with at least 100 Papers*
- *Sorted by: Citations per Paper*

Nº	Institution	Papers	Citations	Citations Per Paper
81	Univ. Oslo	346	1,319	3.81
82	Univ. Iowa	751	2,848	3.79
83	CNR	415	1,567	3.78
84	Univ. Montreal	387	1,454	3.76
85	Univ. Chile	352	1,319	3.75
86	INRIA	570	2,132	3.74
87	Univ. Nerbraska	374	1,396	3.73



Un Ejemplo de Centro de Excelencia: CMM

GOBIERNO DE CHILE
CONICYT
FONDAP

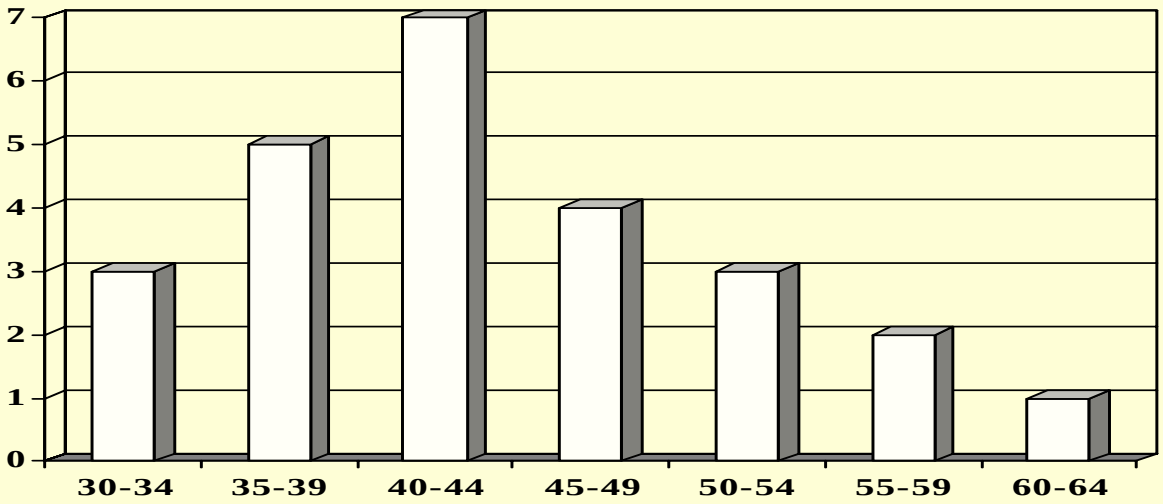
- CMM fue creado el año 2000 para promover el proyecto FONDAP en Matemáticas Aplicadas. Hoy participan otros proyectos como el Núcleo Milenio Información y Aleatoriedad.
- Desde su creación el CMM es una Unidad Mixa de Investigación del CNRS (Francia).
- Misión: crear nuevas matemáticas, modelar y resolver problemas complejos provenientes de la industria y de otras disciplinas científicas.
- Formación científica
  - ✓ Doctorado.
  - ✓ Ingenieros en modelamiento.

INICIATIVA CIENTIFICA MILENIO ICM

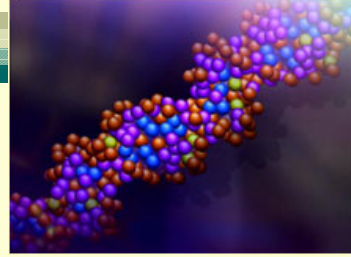
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Investigación en el CMM

- 25 investigadores asociados CMM
- 2 investigadores CNRS
- 7 postdoctorados extranjeros
- 12 ingenieros de desarrollo
- 30 estudiantes de Doctorado en Modelamiento Matemático
- **Publicaciones**: 340 artículos en revistas internacionales en 5 años



Distribución de edad de investigadores asociados



Ciencia e Innovación en el CMM
Biohidrometalurgia y Genómica

El “Laboratorio de Bioinformática y Matemática del Genoma” en el CMM, es el laboratorio de referencia de BioSigma en materias bioinformáticas y matemáticas.

Las actividades científicas se focalizan en:

- Métodos matemáticos para la identificación de comunidades de microorganismos en su medio natural;
- Aspectos matemáticos del ensamble y anotación de genomas bacterianos;
- Análisis matemático de experimentos de expresión;
- Estudio matemático y modelamiento de redes metabólicas y génicas.

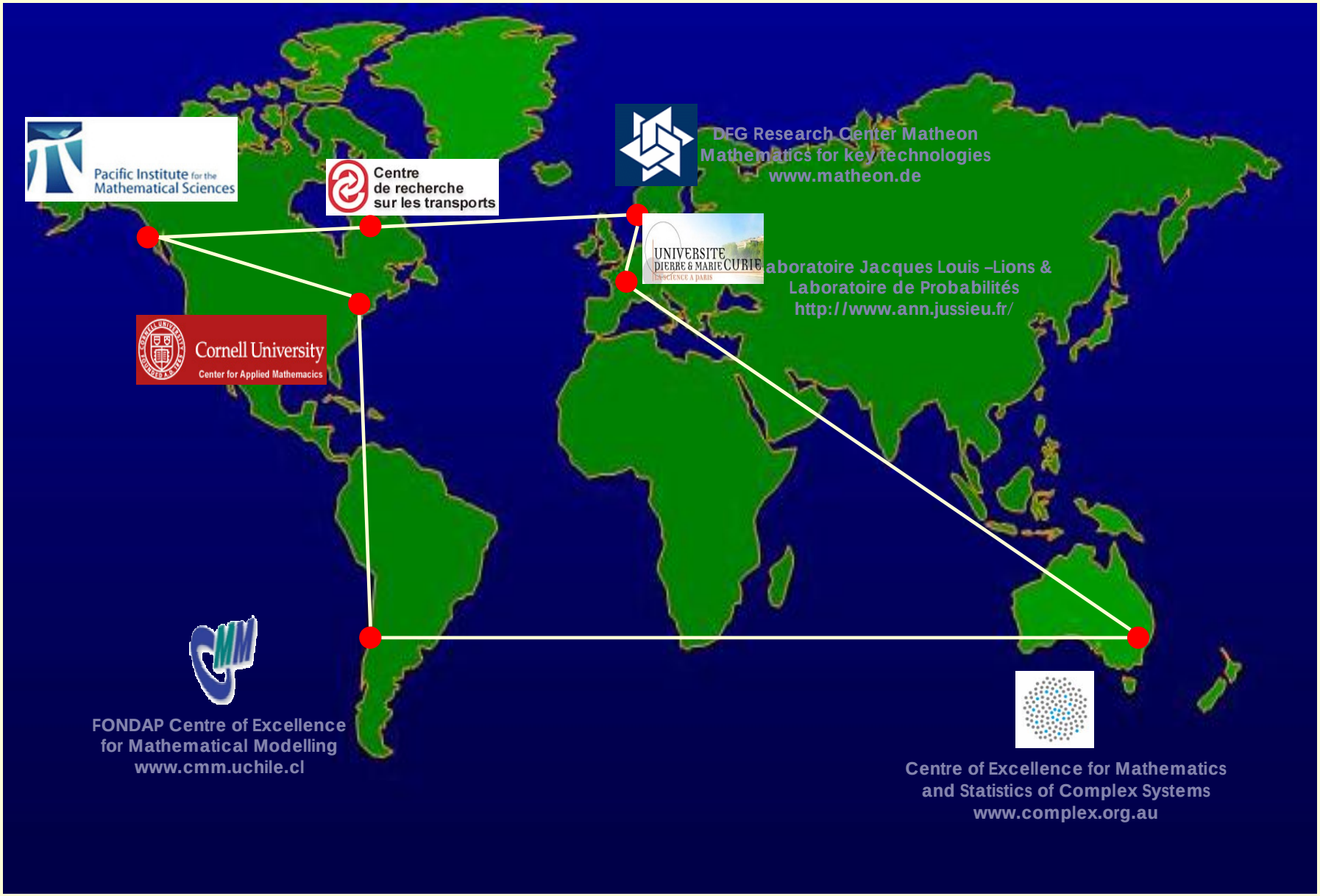
BIOSIGMA Partnership in biotechnology for mining

genopole®

INTA

INICIATIVA CIENTIFICA MILENIO ICM

Ciencia e Innovación en el CMM
Computación distribuída en redes

- ✓ Computación distribuída y en redes
- ✓ Dinámica en redes de gran tamaño
- ✓ Cluster de gran capacidad y potencia
- ✓ Desarrollar investigación multidisciplinaria emergente en modelamiento y simulación de redes de gran tamaño provenientes de sistemas biológicos, sistemas de transporte, redes de energía y modelos de medio ambiente.
- ✓ Asociación en PRAGMA (Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly), U. California, San Diego.

Red de Colaboración Internacional