



Gestión y Análisis de Políticas Públicas

ISSN: 1134-6035

revistagapp@inap.map.es

Instituto Nacional de Administración Pública

España

Fernández González, Álvaro; Redondo-Gil, Carlos

Entes instrumentales en políticas de innovación tecnológica de las administraciones públicas: La experiencia de los centros de supercomputación en España y su comparación con otros países

Gestión y Análisis de Políticas Públicas, núm. 8, julio-diciembre, 2012, pp. 65-97

Instituto Nacional de Administración Pública

Madrid, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281525003003>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

G^aP

EXPERIENCIAS Y CASOS

Entes instrumentales en políticas de innovación tecnológica de las administraciones públicas: La experiencia de los centros de supercomputación en España y su comparación con otros países

Álvaro Fernández González
Universidad de León
aferg@unileon.es

Carlos Redondo-Gil
Universidad de León
carlos.redondo.gil@unileon.es

Resumen

Las administraciones públicas, en el cumplimiento de sus fines, han creado en las últimas décadas gran variedad de entidades (empresas, fundaciones, consorcios, etc.) para complementar o desarrollar, a través de organismos sujetos a su control –de forma plena– parte de sus políticas. En esta línea, destacamos que desde hace varios años se han analizado en la literatura los nuevos modelos de gestión en sectores como la sanidad o la educación; igualmente, destacamos que en una gran diversidad de políticas públicas se han ido creando entes instrumentales para el cumplimiento de los fines de los distintos niveles administrativos. En el presente artículo se examina, a través de un análisis comparativo, las distintas formas de entes instrumentales que crean las administraciones públicas para llevar a cabo las políticas de innovación, centrando el estudio en los centros de supercomputación y comparando entre este tipo de centros en España con los de otros países a través de las herramientas de benchmarking más utilizadas en esta materia.

Palabras clave
Supercomputación, entes instrumentales, gestión, innovación, tecnología.

Instrumental entities in technological innovation policies of public administrations: the experience of High Performance Computing Centers in Spain and its comparison with other countries

Abstract

In trying to achieve their goals in the last decades, Public Administrations have created a great variety of organizations (enterprises, foundations, consortiums, etc.) with the aim of completing or developing, through organizations under its total control, part of its policies. In this line, it is emphasized that the new management models literature concerning sectors such as health or education has been analyzed since several years ago. It is also emphasized that instrumental organizations have been created for reaching the goals of the different administrative levels through a great diversity of public policies. Using comparative analysis, this article examines the different types of instrumental organizations created by Public Administrations to carry out the policies of innovation. It focuses on High Performance Computing Centers for comparing centers located in Spain with those which exist abroad taking into account the most used benchmarking tools in this field.

Keywords

Supercomputing, instrumental organizations, management, innovation, technology.

1. INTRODUCCIÓN

Las políticas de innovación tecnológica ocupan un lugar central entre las actuaciones del sector público como herramienta para impulsar el crecimiento a largo plazo. Se componen del conjunto de actuaciones –de las administraciones públicas– tendentes a favorecer la asignación de recursos para la generación de tecnología por parte de las organizaciones con acciones dirigidas tanto a incentivar directamente la innovación empresarial como a mejorar el entorno institucional en el que se desarrollan estas actividades innovadoras.

Tanto las aportaciones de la teoría del crecimiento endógeno (Romer, 1990) como los estudios aplicados (Lederman y Maloney, 2003) ponen de manifiesto la relación entre progreso tecnológico y crecimiento económico, evidenciándose que las diferencias en los niveles de renta de los países, en su ritmo de crecimiento a largo plazo, su calidad de vida y su sostenibilidad medioambiental, dependen en muy buena medida de la capacidad innovadora de cada uno de ellos. Lo mismo cabe decir de los territorios o regiones que se configuran cada vez más como el marco de referencia de las dinámicas innovadoras (Vence, 2007).

Las políticas de innovación han experimentado cambios significativos en las dos últimas décadas, no limitándose exclusivamente al apoyo directo a la Investigación+ Desarrollo (I+D), sino que, con un enfoque más amplio, tratan de promover un funcionamiento eficiente del conjunto del sistema de innovación (Soete *et al.*, 2002) y, en comparación con las políticas científicas o tecnológicas, tienen una visión más amplia del proceso innovador. Mientras las políticas científicas se orientan a la creación de conocimiento científico y las políticas tecnológicas, que ganan en importancia a partir de los años setenta, pretenden fomentar la explotación industrial de este conocimiento, las políticas de innovación, que surgen en los años noventa, persiguen incidir y mejorar las condiciones del sistema en que tienen lugar los procesos de innovación (Borras y Lundvall, 2003).

En el análisis teórico en relación al diseño y ejecución de las políticas de innovación destaca el concepto de Sistema Nacional de Innovación (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993) que ha sido utilizado por la OCDE (1997, 1999), y que en España ha recibido el impulso de los estudios de la Fundación COTEC (2004). Un Sistema Nacional de Innovación puede definirse como el conjunto de las organizaciones de naturaleza institucional y empresarial que, dentro del territorio correspondiente, interactúan entre sí con objeto de asignar recursos a la realización de actividades orientadas a la generación y difusión de los conocimientos sobre los que se soportan las innovaciones –principalmente tecnológicas– que constituyen, en el sentido schumpeteriano¹, el fundamento del desarrollo económico (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997; OECD, 1999; Braczyck, Cooke y Heidenreich, 1996; Koschaatzky, Kulic-

¹ Se hace referencia a J. Schumpeter (1911), en el capítulo II, y (1942), en el capítulo 7.

ke y Zenker, 2000; Navarro, 2002). Entre esas organizaciones se cuentan los Organismos Públicos de Investigación (OPI), las universidades y las empresas innovadoras que directamente se implican en la obtención del conocimiento. También están las que favorecen la interacción entre los ámbitos industrial, científico y tecnológico, y las que encauzan los recursos financieros hacia los proyectos de investigación o de inversión empresarial innovadora.

El presente trabajo se enmarca dentro de la disciplina de Administración Compartida, al analizar políticas llevadas a cabo por diferentes administraciones públicas para gestionar las tareas de innovación a través de centros de supercomputación.

A lo largo del artículo se va a analizar, en primer lugar, el concepto y descripción de entes instrumentales de las administraciones públicas para revisar posteriormente el concepto y evolución de los centros de supercomputación como entidades de fomento de la innovación en España y en otros países; seguidamente, se examinará la instrumentalización de políticas públicas de innovación llevadas a cabo a través de dichos centros; posteriormente, se hará un análisis comparativo de las diferentes formas jurídicas que tienen las entidades que, tanto en España como en otros países, gestionan centros de supercomputación. En último lugar se establecen las conclusiones sobre el tema objeto de estudio.

2. ENTES INSTRUMENTALES EN LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

La Administración pública, desde una perspectiva organizativa y funcional, se suele definir como un complejo organizativo situado dentro del Poder Ejecutivo y dirigido a dar satisfacción a los intereses generales. Esa específica funcionalidad, erigida por la Constitución como elemento esencial (art. 103: “La Administración pública sirve con objetividad los intereses generales...”), es la que históricamente ha justificado las prerrogativas superiores de la Administración pública cuando entra en relación con los ciudadanos particulares. En esta línea, señala Linde (1998) que la Constitución no predetermina el bloque normativo que debe regir la actividad de las administraciones públicas, sino que únicamente somete su actuación a la Ley y al Derecho bajo la información de una serie de principios manifestados en el citado artículo 103. La búsqueda de la eficacia que persigue la Administración del *Estado del bienestar* conlleva que además de entidades sometidas al Derecho Administrativo, se desarrollen políticas a través de entidades sujetas a la aplicación de determinadas fórmulas del Derecho privado.

El reconocimiento y la garantía de la autonomía política de las comunidades autónomas, configurada a partir de la Constitución (art. 2 y Título VIII) y los Estatutos de Autonomía, incluye, obviamente, la capacidad de instituir personificaciones instrumentales como manifestación de una potestad organizativa que, por el hecho de la generalización de los poderes legislativos autonómicos, alcanza una potencialidad creadora limitada únicamente por el bloque de la constitucionalidad.

Históricamente, el inicio de la actividad pública a través de entes instrumentales fue definido por primera vez en la década de los años cincuenta del pasado siglo (Villar, 1950), refiriéndose claramente a la actividad productiva y material de bienes económicos, una verdadera actividad de mercado, del Estado. En estos años se produce en España una gran especialización técnico-jurídica ligada al gran desarrollo que tuvo la construcción de nuevas líneas de ferrocarril (Villar y Romero, 1958: 681). Estas teorías dieron pie, una vez aceptada por la doctrina, a la Ley de Entidades Estatales Autónomas de 1958, justificando, así, y amparando entonces el nacimiento de la actividad industrial del Estado.

La composición y tipología de los entes integrantes de la Administración institucional ha evolucionado siguiendo dos modelos cuya configuración se desarrolla de manera sucesiva:

El primer modelo se corresponde con la tipología de la Administración central, antes de la aprobación de la Ley 6/1997, de Organización y Funcionamiento de la Administración General del Estado (LOFAGE), que se detallaba en la Ley General Presupuestaria (LGP) de 1977 (arts. 4 y 6).

Aplicado dicho modelo, la tipología adoptada por las Comunidades Autónomas distinguía:

- Los organismos autónomos (en algunas comunidades sustituida su denominación por la de entidades autónomas), con dos subtipos según el carácter: administrativo o comercial, industrial, financiero y análogo.
- Las entidades de Derecho público cuya actividad se sujeta al Derecho privado (EPDP).

El segundo modelo se instaura tras la reforma operada en la Administración general por la LOFAGE/1997, que diferencia dos modalidades de organismos públicos:

- Los organismos autónomos, con la desaparición de las distinciones anteriores: administrativos, comerciales, etc.
- Las entidades públicas empresariales, que venían a ocupar el lugar de las desaparecidas EPDP.

Pese a sus pretensiones de racionalización y unificación, la propia LOFAGE contenía un régimen de excepciones –disposiciones adicionales 6^a, 9^a y 10^a– referido a un número significativo de entes públicos, lo que, en el mejor de los casos, suponía la consagración de una modalidad más: la de aquellos que se regían por su normativa específica y supletoriamente por la LOFAGE.

En el presente artículo, al tratar los entes instrumentales dependientes de una administración pública nos referiremos a una parte del sector público, concretamente a aquellos entes con personalidad jurídica distinta de la Administración general. Estas entidades constituyen una prolongación funcional de las administraciones públicas y una manifestación de las notas de extensión y fragmentación que las caracterizan (Baena del Alcázar, 1992: 292-296 y 1988: 32-35 y 244). En esta línea, la Sentencia del Tribunal Constitucional 14/1986, de 31 de enero, se decanta a favor del reconocimiento de estos entes instrumentales sometidos al Derecho privado como Administración Pública, ya que “remiten su titularidad final a una instancia administrativa inequívocamente pública, como público es también el ámbito interno de las relaciones que conexionan dichos entes con la Administración de la que dependen, tratándose en definitiva de la utilización por la Administración de técnicas ofrecidas por el Derecho Privado, como un medio práctico de ampliar su acción social y económica. En sus relaciones con terceros, va a producirse bajo un régimen de Derecho Privado, pero internacionalmente tal sociedad es realmente una pertenencia de la Administración, que aparece como socio exclusivo de la misma, un ente institucional propio de la misma”.

Los entes instrumentales, creados por la Administración como una prolongación propia para el auxilio en la gestión de sus servicios públicos, carecen en la práctica de intereses propios ya que sus fines pertenecen a la entidad fundadora, produciéndose una suerte de subordinación del ente instrumental a la Administración (Ávila, 2002).

Para conocer las características y la tipología de este tipo de entes, el Ministerio de Economía y Hacienda, conforme a lo previsto en los Acuerdos del Consejo de Política Fiscal y Financiera de 10 de abril de 2003, elabora anualmente un inventario sobre la evolución del número de entes de todas las administraciones públicas en España.

En el referido inventario, se consideran integrantes del sector público a las siguientes entidades en cada una de las comunidades autónomas:

- a) Las administraciones generales de cada una de las Comunidades Autónomas.
- b) Los organismos autónomos y entes públicos vinculados o dependientes de la administración general de las Comunidades Autónomas.
- c) Las universidades, entidades y fundaciones en las que éstas participen.
- d) Las sociedades mercantiles en las que concurra alguna de las siguientes circunstancias:
 - Que la participación, directa o indirecta, de la Comunidad Autónoma y demás entidades dependientes o vinculadas a ésta, o participadas por ésta en su capital social, sea mayoritaria.

TABLA 1

*Resumen del inventario de entes públicos de las CCAA.
Informe “Inventario de entes dependientes de las Comunidades Autónomas”*

Número de entes que componen el inventario													
	Administración General	OO.AA. Administrativos	OO.AA. Comerciales	Organismos Autónomos	Entd. Públicas Empresariales	Entes Públicos	Agencias	Consorcios	Fundaciones	Otras instituc. sin ánimo de lucro	Sociedades Mercantiles	Universidades	Total
Andalucía	1	15	0	0	6	14	1	151	74	3	101	10	376
Aragón	1	0	0	6	0	12	0	14	23	3	51	1	111
P. de Asturias	1	0	0	9	3	9	0	9	14	0	35	1	81
Illes Balears	1	6	0	0	0	19	0	100	26	0	15	1	168
Canarias	1	11	1	0	1	5	0	13	19	2	41	2	96
Cantabria	1	0	0	8	1	5	2	6	11	0	33	1	68
Castilla y León	1	0	0	4	0	7	0	14	40	5	19	4	94
Castilla-La Mancha	1	1	0	4	0	5	0	10	29	0	25	1	76
Cataluña	1	27	5	0	0	58	0	181	78	0	96	7	453
Extremadura	1	4	1	2	0	7	0	17	17	0	20	1	70
Galicia	1	9	2	0	0	20	1	23	70	0	31	3	160
Madrid	1	9	4	0	0	22	0	32	51	1	50	6	176
Región de Murcia	1	4	0	3	3	6	0	31	21	1	26	2	98
C. Foral de Navarra	1	10	0	2	0	1	0	8	20	0	60	1	103
La Rioja	1	0	0	4	2	2	0	2	11	0	10	1	33
C. Valenciana	1	7	4	0	0	24	0	21	54	0	40	5	156
Ciudad de Ceuta	1	7	1	0	0	0	0	1	2	0	11	0	23
Ciudad de Melilla	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	10
Varios	0	0	0	0	0	0	0	13	8	4	11	0	36
Total	18	114	18	42	16	216	4	647	568	19	679	47	2.388

Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Coordinación Financiera con las Comunidades Autónomas y con las Entidades Locales.

- Que cualquier órgano, organismo o sociedad mercantil integrante o dependiente de la Comunidad Autónoma o participado por ésta, disponga de la mayoría de los derechos de voto de la sociedad, bien directamente, bien mediante acuerdos con otros socios de esta última.
- Que cualquier órgano, organismo o sociedad mercantil integrante o dependiente de la Comunidad Autónoma o participado por ésta tenga derecho a nombrar o a destituir la mayoría de los miembros de los órganos de gobierno de la sociedad, bien directamente, bien mediante acuerdos con otros socios de ésta última.
- Que el administrador único o al menos la mitad más uno de los miembros del Consejo de administración de la sociedad hayan sido designados en su calidad de miembros o consejeros por parte de la Comunidad Autónoma, organismo o sociedad mercantil dependiente de la Comunidad o participado por ésta.

A los derechos de voto, nombramiento o destitución mencionados, se añadirán los que la Comunidad Autónoma, organismo o sociedad mercantil integrante o dependiente de la Comunidad, o participado por ésta, posea a través de otras sociedades participadas o por ellas dominadas.

- e) Las Instituciones sin ánimo de lucro que estén controladas o financiadas mayoritariamente por alguno de los sujetos enumerados.
- f) Los consorcios que las Comunidades Autónomas hayan podido constituir con otras administraciones públicas para fines de interés común o con entidades privadas sin ánimo de lucro que persigan fines de interés general.

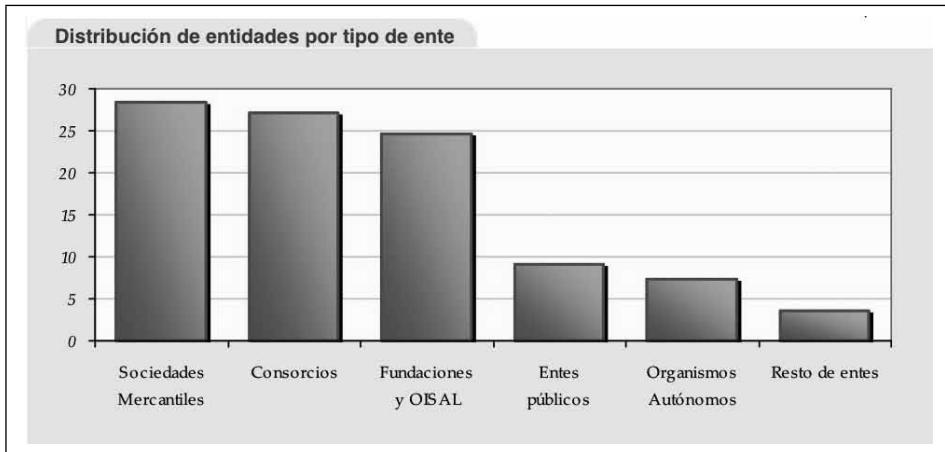
En la tabla 1 se puede observar el número de entidades por comunidades autónomas componentes del inventario realizado a 1 de enero de 2011.

Asimismo, en el gráfico 1 podemos observar, a modo de resumen, la tipología de entes totales a nivel nacional, según la forma jurídica que adoptan.

Los críticos de la existencia de entes instrumentales hablan de “la huida al Derecho privado”, recordando que la Administración no puede dejar de llevar a cabo su cometido aunque actúe a través de este tipo de entidades (Borrajo Iniesta, 1993). Martín-Retortillo (1996) estima que a pesar que el Derecho Administrativo impone un sistema que puede ser más lento y menos eficiente, establece un riguroso sistema de garantías para los administrados, siendo consideradas las fórmulas vinculadas al Derecho privado una vía para eludir controles con el fin de que a través de ellas el Poder público no se viera limitado en su actuar.

GRÁFICO 1

*Resumen del inventario de entes públicos de las CCAA. % de entes de cada tipología
Informe “Inventario de entes dependientes de las Comunidades Autónomas”*

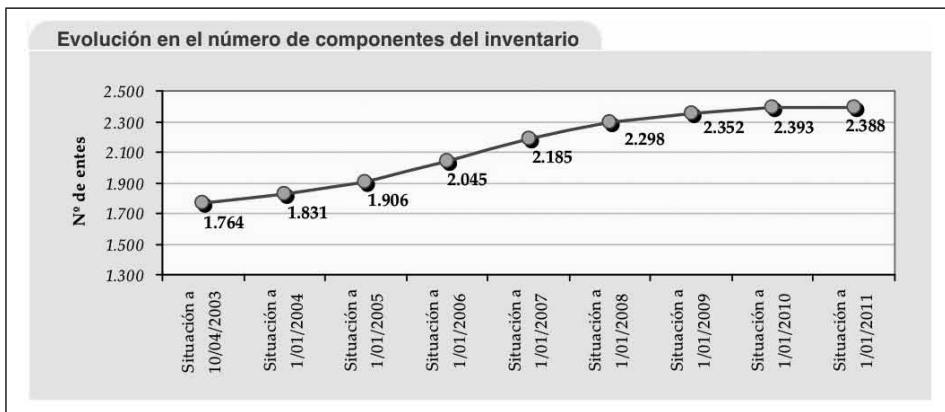


Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Coordinación Financiera con las Comunidades Autónomas y con las Entidades Locales.

En todo caso, destaca el gran incremento que en la última década ha tenido el número de entes instrumentales creados al servicio de las administraciones públicas, tal como se puede observar en el gráfico 2.

GRÁFICO 2

*Evolución del número de entes instrumentales de las CCAA.
Informe “Inventario de entes dependientes de las Comunidades Autónomas”*



Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Coordinación Financiera con las Comunidades Autónomas y con las Entidades Locales.

Motivaciones de las administraciones públicas para la creación de entes Instrumentales

Los motivos detrás del proceso organizativo del sector público que concluye en la creación de organizaciones independientes, a las que se dota de una personalidad jurídica, han sido tres (García de Enterría y Ramos Fernández, 1993):

1. La necesidad de una autonomía de gestión. De una parte, ciertas necesidades de gestión, especialmente cuando se trata de servicios públicos de contenido especializado, y más concretamente los servicios que suponen una gestión económica, servicios que requieren una organización independiente y una gestión técnica separada, según el modelo generalizado por el mundo empresarial.

En este sentido ha podido decirse, con acierto, que el fenómeno de la proliferación de entes Institucionales ha venido a compensar el aumento constante de las funciones administrativas en el Estado contemporáneo, evitando que este aumento haya ocasionado una congestión paralizante de los órganos comunes de la Administración general.

2. La autonomía financiera. La personificación de un ente supone el reconocimiento formal de su capacidad patrimonial y, por tanto, la imputación directa al mismo de sus ingresos y sus gastos, lo cual implica la posibilidad de una excepción al principio de universalidad de los Presupuestos Generales del Estado, con sus postulados clásicos de un presupuesto, una caja, una cuenta.
3. La autonomía jurídica. Por último, la utilización de la personalidad jurídica con la finalidad de una huida de controles, que comienza en el campo financiero, no concluye aquí y va a extenderse a una verdadera huida generalizada del Derecho Administrativo común. Se utiliza para ello la particularidad de que la configuración y regulación de estos entes queda remitida a sus estatutos respectivos, que es la norma heterónoma de que el fundador les dota. En los estatutos se consignarán excepciones al sistema administrativo general o, más simplemente, un principio general de libertad de actuación, presentando como un atributo de la economía y, en cierto modo, por ello, de la personalidad misma.

Las exposiciones de motivos de las normas de creación de algunos entes instrumentales alegan, para justificar su creación, la búsqueda de mayor eficiencia en el funcionamiento de los servicios públicos debido a la mayor rigidez de las normas administrativas. En línea con lo anterior, incluso órganos constitucionales o estatutarios, cuya actividad nada tiene que ver con la actividad productiva de la Administración, como es el caso del Consejo Económico y Social regulado por la Ley 21/1991, de 17 de junio, en cuyo artículo 9 establece que su régimen jurídico de contratación será de Derecho privado y su personal lo será en régimen de Derecho Laboral.

En la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público (LCSP), los supuestos de la contratación a través de entes instrumentales en cuanto expresión de la doctrina –consagrada por la jurisprudencia comunitaria– de los servicios “*in house providing*”, en virtud de la cual una Administración encarga la prestación de servicios a un Ente Instrumental, vincula al sujeto que efectúa el encargo, sin aplicar la legislación contractual.

Respecto a la naturaleza jurídica de las relaciones que se establecen entre las administraciones públicas como poderes adjudicadores –en su condición de sujetos encomendantes– y los entes instrumentales que reciben el encargo, la LCSP se pronuncia de una forma más nítida cuando, en su disposición adicional trigésima, califica las relaciones de las sociedades del grupo TRAGSA con los poderes adjudicadores como de “naturaleza instrumental y no contractual, articulándose a través de encomiendas de gestión de las previstas en el artículo 24.6 de esta Ley, por lo que, a todos los efectos, son de carácter interno, independiente y subordinado”. Así las cosas, estas encomiendas de gestión no son sino el mero instrumento a través del cual se articulan las relaciones que se derivan de esta clase de negocios jurídicos a los que el art. 4.1.n) de la LCSP, excluye expresamente de su ámbito de aplicación.

En el estudio de Amengual (2009), se analizó que sólo el 27% de los entes instrumentales dependientes de comunidades autónomas responden a ramas de actividades productivas: transportes, almacenamiento y comunicaciones, inmobiliarias y alquiler o servicios empresariales. El resto –73%– son actividades clasificadas como administración pública, educación, actividades sanitarias, veterinarias, otras actividades sociales y otras ramas.

3. ANÁLISIS DE LOS CENTROS DE SUPERCOMPUTACIÓN: DESARROLLO Y APLICACIONES

Un supercomputador es una instalación diseñada para ofrecer la mayor capacidad de procesamiento posible (Pérez Mato, 2008), y se caracteriza por un rápido cambio de fabricantes, arquitecturas y tecnologías, así como por una evolución de las prestaciones estable y continua. Para gestionar estas infraestructuras se crean los centros de supercomputación, que ofrecen recursos informáticos de alto rendimiento enfocados hacia la resolución de los problemas informáticos más complejos (los llamados “grandes retos computacionales”). Sin embargo, muchos problemas de cálculo en diferentes áreas no han podido aún ser resueltos de una manera práctica (Bárcena *et al.*, 2004), debido a que requieren tiempos computacionales extremadamente largos, o por falta de recursos computacionales como la memoria disponible o el almacenamiento permanente de datos.

La primera vez que apareció el término “supercomputación” fue en 1929 en el periódico *New York World* refiriéndose a una computadora construida en la Universidad de Columbia. No obstante, la historia de los supercomputadores, tal como los

conocemos hoy en día, se remonta a los años 40 del siglo XX, particularmente al año 1943, cuando aparece lo que podría considerarse como el primer supercomputador de la historia, el *Colossus* (Pérez Mato, 2008), cuya finalidad era el descifrado de las comunicaciones alemanas por parte del ejército británico durante la Segunda Guerra Mundial, las cuales se cifraban empleando la conocida como “Máquina de Lorenz”, utilizada por el Estado Mayor de Hitler. En la década del sesenta se comienza de forma incipiente con el desarrollo de los supercomputadores², pero no es hasta finales de la década del setenta que los supercomputadores comienzan a crear mercado³. Las instituciones científicas y gubernamentales empiezan a tomarse en serio la capacidad de computación que ofrecen estas nuevas máquinas y comienzan a buscar nuevas aplicaciones, en las que podrían aprovecharse sus enormes capacidades de cálculo. Se observa cómo en esta década, esas aplicaciones empiezan a alejarse tímidamente de lo puramente militar y empiezan a ubicarse en nuevas disciplinas como las ciencias naturales, la física y las matemáticas. El período que va desde finales de los años 70 a principios del siglo XXI, –conocido como era vectorial por incorporar el uso de herramientas geométricas–, es el que podríamos definir como aquel en que comienza la Supercomputación moderna, aumentando las prestaciones de manera considerable y en la mayoría de los casos en más de un orden de magnitud, entre un modelo y su sucesor.

Las Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TIC), y en concreto la Supercomputación, fueron una herramienta de apoyo a la investigación en un pasado reciente por parte de entidades principalmente públicas: universidades o agencias gubernamentales. La experimentación se realizaba básicamente en el laboratorio o en el campo y las TIC servían para ayudar en la verificación. Los primeros usuarios privados de supercomputadoras fueron grandes compañías como las petroleras y los bancos.

En la década de los 60, se lanza el Proyecto Apolo (Milone *et al.*, 2001). La misión Hombre a la Luna fue el suceso más destacado en la historia de la simulación basada en computadoras. Se simuló el equipo físico y los procedimientos operacionales usados en la misión. Desde entonces, las principales aplicaciones de los supercomputadores se han centrado en el diseño y realización de experimentos numéricos para la simulación de sistemas grandes y complejos (Milone *et al.*, 2002), como:

- Modelos de sistemas biológicos.
- Inteligencia artificial.
- Reacciones químicas.

² En 1960, Seymour Cray trabajaba en la Control Data Corporation (CDC) e introdujo la primera supercomputadora, siendo un líder durante toda la década hasta que en 1970 formó su propia compañía: Cray Research.

³ En 1976, Seymour Cray entregó la supercomputadora *Cray-1* al laboratorio científico en Los Álamos, Nuevo México.

- Física de partículas.
- Estudios sociológicos.
- Predicciones económicas.
- Predicción meteorológica.
- Diseño aerodinámico.

El año 2007 ha sido clave en los avances de superordenadores (Moraleda, 2007), áreas de microchips, redes *grid*, telecomunicaciones y desarrollo de *software*; en dicho año se produce un hito tecnológico al conseguirse –mediante el uso de impulsos luminosos sobre silicio– transmitir información a una velocidad cien veces mayor y con un consumo energético diez veces menor que con las tecnologías actuales de impulsos eléctricos a través de circuito de cobre.

El rol de la supercomputación ha cambiado sustancialmente en estos últimos años. Muchas disciplinas recurren ya a la simulación y al cálculo numérico como elementos clave para dirigir la propia experimentación, quedando el laboratorio como herramienta de verificación, tal como se puede observar en el gráfico 3. Ello ha redundado en:

- Reducción sustancial de los costes y plazos asociados a la investigación.
- Aumento de la complejidad de los problemas que pueden atacarse, al introducir mayor cantidad de variables interrelacionadas.

Como resultado de lo anterior:

- Se facilita el acceso a la investigación.
- Aumenta la interrelación entre las áreas de investigación y las disciplinas científicas.

En la actualidad, la supercomputación influye en la mejora de las tomas de decisión en campos tales como el diseño de medicamentos, prevención de riesgos frente a catástrofes naturales, construcción de aviones y asignación de recursos complejos en proyectos empresariales (Moraleda, 2007). Se resalta que la informática de alto rendimiento es, cada vez más, un recurso accesible para el desarrollo de aplicaciones prácticas en el ámbito empresarial.

En el campo de la supercomputación, como en otras muchas áreas, la cooperación y la unión de recursos entre diferentes instituciones constituye una solución real para proporcionar capacidades suficientes que permitan resolver estos problemas en

la práctica. En este sentido, destacamos a la computación *Grid*⁴ que establece algunos de los mecanismos necesarios para conseguir este tipo de unión de potencia computacional, permitiendo a la Administración Pública y a las empresas hacer más con menos, desplegar rápidamente recursos para nuevos proyectos, mejorar la respuesta a los usuarios y el tiempo de puesta en el mercado de nuevos productos. El *Grid* tiene la potencialidad de resolver problemas reales de negocio por medio de la simplificación del acceso global a los servicios informáticos. Actualmente está siendo utilizado con acierto en empresas aeroespaciales, del automóvil, de biotecnología y de servicios financieros (Cano, 2007).

GRÁFICO 3

Uso de la supercomputación



Fuente: Elaboración propia a partir de la modificación del gráfico de A.K. Elmagard (2008).

4. INSTRUMENTALIZACIÓN DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA A TRAVÉS DE LOS CENTROS DE SUPERCOMPUTACIÓN

La inversión pública y privada en investigación y desarrollo tiene efectos positivos sobre el crecimiento de la productividad de las economías de la OECD (Guellec y Pottelsberghe, 2001); en línea similar, Lederman y Maloney (2003), al estudiar una muestra de 53 países, también encuentran que el gasto en investigación y desarrollo

4 La computación *Grid* es una tecnología innovadora que permite utilizar de forma coordinada todo tipo de recursos (entre ellos cómputo, almacenamiento y aplicaciones específicas) que no están sujetos a un control centralizado. En este sentido, es una nueva forma de computación distribuida, en la cual los recursos pueden ser heterogéneos (diferentes arquitecturas, supercomputadores, clúster...) y se encuentran conectados mediante redes de área extensa (por ejemplo Internet).

como porcentaje del PIB tiene efectos positivos sobre la tasa de crecimiento económico. En la nueva economía, la creación, transmisión y uso del conocimiento generado por los procesos innovadores en la producción es posible en tanto las leyes y normas que rigen la actividad económica otorguen los incentivos adecuados a los agentes económicos. En este sentido, el papel del gobierno es fundamental ya que por un lado debe garantizar que el sistema legal y administrativo sea transparente, eficaz y eficiente; pero, por otra parte, su actuación económica debe ser congruente y responsable de tal manera que su gasto y endeudamiento sean sostenibles (Chen y Dahlman, 2004). Para lograr cualquier esfuerzo conjunto en el ámbito económico se requiere, entre otros incentivos, una base mínima de confianza y vinculación entre todos los actores (Leydesdorff y Etzkowitz, 2001): el gobierno, los empresarios y las universidades. El establecimiento de normas de reciprocidad entre diferentes grupos de acción colectiva, la consolidación de redes de cooperación cívica y económica, así como el surgimiento de organizaciones sociales –especialmente civiles y empresariales– determinan el funcionamiento de las instituciones de un país e inciden en su desempeño económico y político (Putnam, 1993).

En el plano de los estudios industriales, la idea de que “las revoluciones tecnológicas han estado siempre en el origen de las revoluciones industriales” (Alburquerque, 1996) provocó un acuerdo bastante generalizado sobre el hecho que la innovación tecnológica resulta hoy un factor productivo más importante que el trabajo o el capital –tanto por su escasez como por su carácter estratégico– al posibilitar la generación de ventajas competitivas para las empresas al tiempo que contribuye de forma decisiva a transformar la organización del trabajo y del territorio. Desde la perspectiva de la Organización o Economía Industrial, autores tan citados como Freeman, Porter o Drucker han insistido en la existencia de dos vías alternativas para competir en el nuevo contexto de capitalismo global: abaratar costes, estrategia de efectos poco duraderos que, además, suele conllevar efectos indeseados en los planos social y ambiental (bajos salarios, precarización, sobreexplotación de recursos, contaminación, etc.), o introducir innovaciones y mejoras constantes en los procesos, los productos y la organización/gestión de las empresas y las organizaciones, lo que supone incorporar conocimientos capaces de añadir valor al trabajo, elevar su productividad, mejorar la calidad de lo producido; o satisfacer en mayor medida y con creciente rapidez la demanda de mercados cada vez más amplios y segmentados.

El Consejo Europeo de Lisboa, de marzo de 2000, puso de relieve la importancia de la Investigación+Desarrollo (I+D) y de la innovación para el crecimiento económico, el empleo y la cohesión social de la Unión Europea; y recomendó a los Estados miembros que marcasen una etapa significativa en la construcción de un verdadero “Espacio Europeo de la Investigación” con el objetivo, entre otros, de crear las condiciones favorables a una “territorialización” de las políticas de I+D y de innovación de cara a una mejor adaptación de dichas políticas al contexto socioeconómico de los territorios de una Unión Europea ampliada.

- Maximizar el potencial científico y los recursos tecnológicos de las regiones en el nuevo “Espacio Europeo de la Investigación.”
- Aumentar la competitividad de las economías regionales de la Unión Europea en su conjunto, a través de un planteamiento coherente de las políticas de I+D y de innovación a los niveles comunitario, nacional, regional y local.

Aunque en España las primeras de esas políticas sobre innovación se llevaron a cabo en los años 60 y 70, es a partir de los años 80 cuando se empezó a contar con los instrumentos apropiados para abordar la ordenación y sostenimiento del sistema de innovación (Buesa y Molero, 1990). Los hitos más relevantes fueron la creación del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)⁵ en 1977; la puesta en marcha, por el Ministerio de Industria, de los primeros programas de subvenciones a la I+D empresarial en 1985; la promulgación de la Ley de la Ciencia en 1986 y, derivados de ella, los Planes Nacionales de I+D; ya en la década de los noventa, promovidas en muchos casos por las Comunidades Autónomas, y la creación de infraestructuras destinadas a favorecer la difusión del progreso técnico y la interacción entre los actores del sistema (Villanueva, 1999). Los estudios que han evaluado estas iniciativas señalan que en esta época, aún cuando existían algunos casos exitosos, no puede hablarse plenamente del diseño y actuación de un verdadero Sistema Nacional de Innovación⁶ (Buesa, 1996; Zubiaurre, 2000; Navarro y Zubiaurre, 2003; Buesa, Casado y Heijns *et al.*, 2002; Romera, Font y Ondátegui, 2000; Ondátegui, 2000). Recientemente se ha aprobado la Ley 14/2011 de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, que define el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, integrado por el Sistema de la Administración General del Estado y por los Sistemas de cada una de las Comunidades Autónomas, e incluye a agentes de coordinación, financiación y ejecución.

La investigación científica, que se desarrolla principalmente en los Organismos Públicos de Investigación (OPIs) y las universidades, se orienta a la obtención de un conocimiento general, de naturaleza abstracta, no específicamente vinculado a los problemas de la producción de bienes y servicios (Pavitt, 1991). La validación de ese conocimiento se sujet a dos reglas básicas (Dasgupta y David, 1987): la difusión pública y completa de sus resultados (Nelson, 1959) y la concesión a sus autores de la

5 El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) es una Entidad Pública Empresarial, dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad, que promueve la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas españolas. Desde el año 2009 es la entidad que canaliza las solicitudes de financiación y apoyo a los proyectos de I+D+i de empresas españolas en los ámbitos estatal e internacional. Así pues, el objetivo del CDTI es contribuir a la mejora del nivel tecnológico de las empresas españolas.

6 Lo que subyace detrás de los sistemas de innovación es que las actividades basadas en el conocimiento surgen cuando los agentes económicos, apoyados por las tecnologías de información y comunicación, interactúan en esfuerzos concertados para crear e intercambiar conocimiento y aplicarlo posteriormente a la producción (OCDE, 2004). El argumento es que los agentes y las empresas poseen conocimiento y experiencias diferentes que en conjunción forman una enorme diversidad y heterogeneidad de alternativas para producir bienes y servicios. Al aliarse este conocimiento y saber mediante los sistemas de innovación, lo que ocurre es que se abre la posibilidad de incrementar fuertemente la productividad y la variedad de bienes y servicios de una economía.

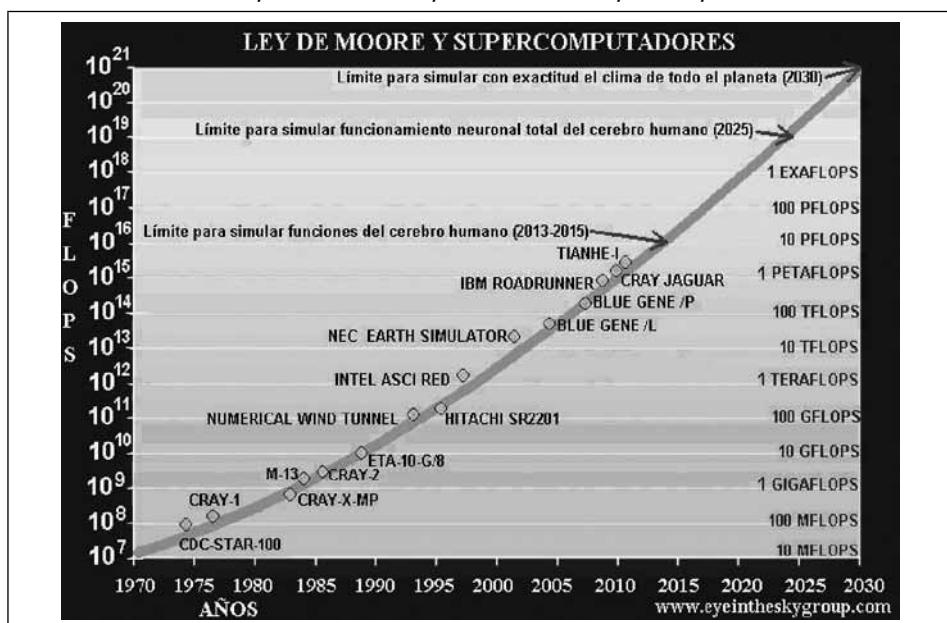
prioridad en el reconocimiento social de sus logros (Foray, 1991). Desde la perspectiva económica, el respeto a estas reglas es estrictamente necesario para asegurar la eficiencia estática (Nelson, 1959: 149-150), así como para favorecer el aprovechamiento de las externalidades ligadas a la ciencia (Pavitt, 1991). Pero ello implica que los incentivos para que el sector privado destine recursos a este tipo de investigación tendrán que ser mínimos y que, en consecuencia, deba ser el gobierno quien se ocupe de su financiación (Nelson, 1959; Arrow, 1962; Foray, 1991) a través de mecanismos como los aportados en los centros de supercomputación, para transferencia tecnológica de los resultados obtenidos en la investigación básica.

Los proyectos en ciencias puras solo son viables con una financiación proveniente de la Administración pública (Cano, 2008), y suponen avances importantes para la sociedad a largo plazo. En este sentido, la iniciativa pública para implantar centros de supercomputación se debe principalmente a la necesidad de contar con herramientas que permitan a las sociedades lograr cada vez mayores niveles de conocimiento en el menor plazo y se orienta, fundamentalmente, a desarrollar una nueva generación de profesionales y empresas en el ámbito local que ejerzan actividades alrededor de la ciencia y la tecnología con miras a conseguir una sociedad de mayor nivel intelectual y por tanto con un futuro más esperanzador. Los usuarios son esencialmente las empresas necesitadas de soporte informático de cálculo y las universidades y centros de investigación públicos (Cano, 2008).

GRÁFICO 4

Evolución prevista de la capacidad de los supercomputadores

EXPERIENCIAS Y CASOS



La necesidad de desarrollar centros de supercomputación es clara, siendo necesario prever la evolución tecnológica de los mismos. En este sentido, la Ley de Moore⁷ brinda proyecciones muy realistas que permiten calcular con relativa precisión dentro de cuánto tiempo es posible que las entidades gubernamentales, el ejército, las agencias de seguridad, las autoridades policiales, las grandes empresas privadas y los más importantes centros de investigación científica lograrán disponer de aparatos de cómputo que en pocos segundos descifrarán el funcionamiento secreto de cualquier sistema de encriptación, aleatorización o *Random Number Generation* (RNG), y dentro de cuánto tiempo tal capacidad de cómputo estará al alcance del consumidor común y corriente. El detalle de lo comentado se puede ver en el gráfico 4.

A modo de resumen, y como continuación al estudio de los tipos de entes con los que se gestionan las actividades de innovación, destacamos que un 14,3 % del total de entes existentes en España en el año 2011 se dedicaban a tareas denominadas de tipo “profesional, científicas y técnicas” (ver gráfico 5).

GRÁFICO 5

*Actividades desarrolladas por los entes públicos de las CCAA.
Informe “Inventario de entes dependientes de las Comunidades Autónomas”*



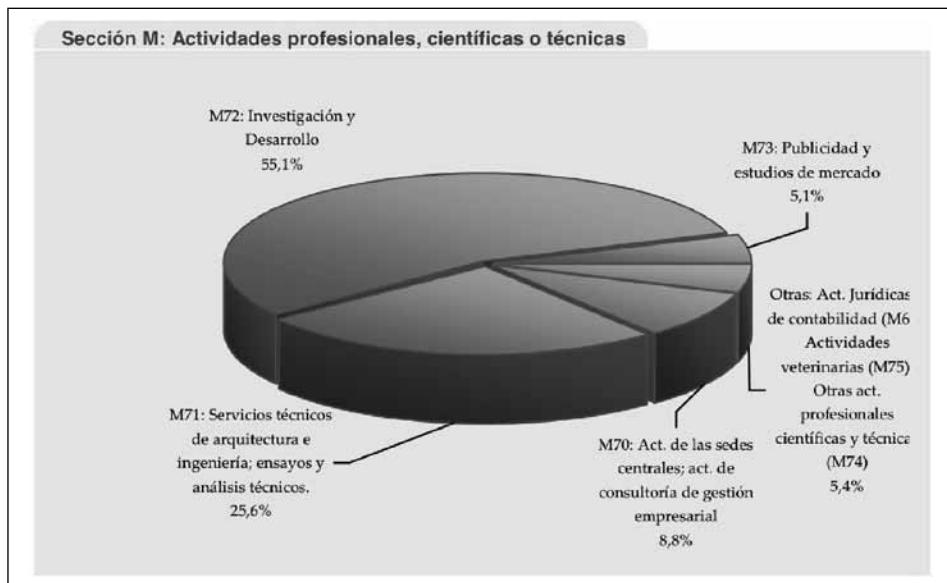
Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Coordinación Financiera con las Comunidades Autónomas y con las Entidades Locales.

Dentro las actividades del apartado “profesional, científicas y técnicas”, la mayor parte son las referidas a investigación y desarrollo, o similares; tal como se puede apreciar en el gráfico 6.

⁷ La Ley de Moore establece que aproximadamente cada 18 meses se duplica el número de transistores en un circuito integrado. Se trata de una ley empírica, formulada por el co-fundador de Intel, Gordon E. Moore el 19 de abril de 1965, cuyo cumplimiento se ha podido constatar hasta hoy.

GRÁFICO 6

Tipología de tareas de actividades profesionales, científicas y técnicas de los entes públicos de las CCAA. Informe “Inventario de entes dependientes de las Comunidades Autónomas”



Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Coordinación Financiera con las Comunidades Autónomas y con las Entidades Locales.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN DE ESPAÑA CON LA DE OTROS PAÍSES EN RELACIÓN A LA FORMA JURÍDICA DE LOS CENTROS DE SUPERCOMPUTACIÓN

Un análisis comparativo de la forma en que las administraciones públicas gestionan los centros de supercomputación nos permite observar la gran similitud que hay en cuanto a la adopción de formas jurídicas que tienen este tipo de entidades. El interés del análisis está en advertir cómo países de muy distinta concepción y ubicación geográfica optan por fórmulas de entes instrumentales para gestionar este tipo de tareas, siendo muy importante destacar, sobre todo, la escasa presencia del sector privado como gestor de este tipo de centros, principalmente en sectores que son objeto de estudio en este trabajo, como el académico e investigador.

En próximas líneas observaremos la tipología de entes que existen en España, pudiendo analizar la similitud que hay en su variabilidad y tipología, con los casos estudiados a nivel internacional, lo cual nos permitirá extraer interesantes conclusiones.

Situación en España

Los supercomputadores hacen su aparición en España a finales de los años 80 del pasado siglo de la mano del Instituto Nacional de Meteorología⁸. Desde entonces, y de forma continua, el parque de supercomputadores de España ha ido incrementándose y renovándose tecnológicamente para evitar la obsolescencia.

La fórmula jurídica bajo la que se han gestionado este tipo de entidades ha sido variada, tal como veremos a lo largo del presente apartado, adaptándose en cada caso concreto a las necesidades del momento y a las circunstancias que permitieran una mayor flexibilidad a la hora de realizar los proyectos. Excepto el caso del Centro Informático Científico de Andalucía (CICA) que se establece como organismo sin personalidad jurídica –por lo tanto dependiente directamente de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia de la Comunidad Autónoma– otros centros son gestionados por universidades o bien bajo la fórmula de entidades con personalidad jurídica propia: fundaciones, empresas públicas o consorcios.

Actualmente, los supercomputadores en España se encuentran alojados en su inmensa mayor parte en instituciones públicas, registrándose un bajo porcentaje de los mismos en la industria privada.

Para optimizar las prestaciones de los supercomputadores en España, el entonces Ministerio de Innovación y Ciencia (MICINN), creó en 2007 la Red Española de Supercomputación (RES), que consiste en una estructura distribuida de supercomputadores para dar soporte a las necesidades de supercomputación de los diferentes grupos de investigación españoles. El avance en la investigación en muchos campos de la ciencia es hoy en día posible gracias a una estrecha interacción entre la base científico-teórica, los experimentos y la simulación por ordenador. El disponer de capacidad de cálculo suficiente es un activo decisivo para el desarrollo científico y tecnológico de un país. En la actualidad, la red se compone de ocho supercomputadores y está coordinada por el *Barcelona Supercomputing Center* (BSC). Los miembros de la RES son los siguientes centros:

- *MareNostrum* en el BSC de Barcelona.
- *Magerit* en el Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CeSViMa) de la Universidad Politécnica de Madrid.
- *Altamira* en el Instituto de Física de Cantabria (IFCA) de la Universidad de Cantabria.

⁸ El Plan de Renovación Tecnológica llevado a cabo por el Instituto Nacional de Meteorología incluyó, a mediados de los años 80, la adquisición de un supercomputador empleado para mejorar los modelos numéricos de previsión del tiempo.

- *La Palma* en el Instituto de Astrofísica de Canarias.
- *Picasso* en la Universidad de Málaga.
- *Tirant* en la Universidad de Valencia.
- *Caesaraugusta* en el Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI) de la Universidad de Zaragoza.
- *Atlante* en el Instituto Tecnológico de Canarias de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

A continuación procedemos a describir las características, en lo relativo a su forma jurídica, de los centros de supercomputación existentes en España, que llevan a cabo tareas de apoyo a la innovación en el sector público:

Instituto de Astrofísica de Canarias

Año de creación: 1982

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) es un centro de investigación español internacionalizado. Se trata de un consorcio público integrado por la Administración del Estado Español, la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que además tiene participación de instituciones de 19 países. Algunos de estos países participan en la toma de decisiones gracias al Comité Científico Internacional (CCI). La supercomputación es una tarea adicional a su cometido principal, ya que, tal como se ha comentado, gestiona uno de los nodos de la RES.

Centro Informático Científico de Andalucía (CICA)

Año de creación: 1989

El CICA es un servicio administrativo sin personalidad jurídica, bajo la dependencia orgánica de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia. Depende de la Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnológica de la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. En la actualidad gestiona las materias de Supercomputación de la Comunidad Autónoma y la gestión de la Red de Ciencia y Tecnología⁹ de Andalucía.

⁹ La Red de Ciencia y Tecnología es un proyecto denominado RedIRIS, red académica y de investigación española que proporciona servicios avanzados de comunicaciones a la comunidad científica y universitaria nacional. Está financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad, e incluida en su mapa de

Sociedad Anónima de Gestión del Centro de Supercomputación de Galicia

Año de creación: 1993

En el órgano de gobierno participan la Xunta de Galicia con un 70% del capital y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el 30% restante. Su finalidad inicial fue dar impulso a la creación del Centro de Supercomputación de Galicia.

Instituto de Física de Cantabria

Año de creación: 1995

Se crea a través de un convenio de colaboración firmado entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Cantabria. Gestiona, como una actividad accesoria, uno de los nodos de la RES.

Fundación del Centro de Supercomputación de Galicia

Año de creación: 2002

La creación de la Fundación CESGA ha sido promovida por la Sociedad Anónima de Gestión CESGA y el órgano de gobierno (Patronato) está compuesto, al igual que en el caso de la Sociedad Anónima, por la Xunta de Galicia y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid (CeSViMa)

Año de creación: 2004

El CeSViMa es un centro creado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) para suplir la carencia de recursos existentes para investigación. No tiene personalidad jurídica diferenciada de la Universidad.

Consorcio Centro de Supercomputación de Barcelona

Año de creación: 2005

Es un Consorcio cuyo órgano de gobierno está formado por el Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España (51%), la Generalitat de Catalunya (37%) y la Universidad Politécnica de Catalunya (12%).

Instalaciones Científico-Tecnológicas Singulares. Se hace cargo de su gestión la entidad pública empresarial Red.es, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo que establece convenios con distintos organismos de las comunidades autónomas para la gestión de las redes autonómicas.

Universidad de Málaga

Año de creación: 2006

El Centro de Supercomputación que tiene la Universidad de Málaga no tiene personalidad jurídica diferenciada de la universidad. Su origen está en una ampliación del supercomputador *MareNostrum* que dobla su capacidad reemplazando los nodos que dispone. Uno de estos nodos se crea en la Universidad de Málaga y da lugar al supercomputador denominado Picasso.

Universidad de Valencia

Año de creación: 2006

El Centro de Supercomputación que tiene la Universidad de Málaga carece de personalidad jurídica diferenciada de la universidad. Su origen se relaciona con la ampliación del supercomputador *MareNostrum* al doblar su capacidad para reemplazar los nodos que dispone. En la Universidad de Valencia se crea uno de tales nodos dando lugar al supercomputador denominado *Tirant*.

Universidad de Zaragoza

Año de creación: 2006

La Universidad de Zaragoza pasó a formar parte de la Red Española de Supercomputación (RES), albergando el supercomputador denominado *Caesaraugusta*, uno de los siete superordenadores distribuidos por la geografía nacional con núcleo en *MareNostrum* (BSC-CNS) y conectados a través de redes de alta velocidad, que busca dar respuesta a las crecientes necesidades de computación de la investigación en España. El Centro de Supercomputación no tiene personalidad jurídica diferenciada de la propia universidad.

Fundación Parque Científico de Murcia, Centro de Supercomputación

Año de creación: 2007

El Centro de Supercomputación de Murcia es un organismo creado por la Fundación Parque Científico de Murcia –es decir no tiene personalidad jurídica distinta de la propia Fundación– en el año 2009, para difundir y prestar servicios de cálculo intensivo, promoviendo el I+D+i en la comunidad científica pública y privada.

El órgano de gobierno de la Fundación Parque Científico de Murcia es el Patronato, que está formado por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, el Ayuntamiento de Murcia, la Universidad de Murcia y la Universidad Politécnica de Cartagena.

Fundación del Centro de Supercomputación de Castilla y León

Año de creación: 2008

El órgano de gobierno de la Fundación es el Patronato y está formado a partes iguales por la Junta de Castilla y León y la Universidad de León.

Fundación Computación y Tecnologías Avanzadas de Extremadura (COMPUTAEX)

Año de creación: 2009

El órgano de gobierno de la Fundación es el Patronato y está formado por la Junta de Extremadura.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Año de creación: 2009

El supercomputador *Atlante* es el octavo nodo en integrarse en la Red Española de Supercomputación en el año 2009. Este nodo está instalado en el Instituto Tecnológico de Canarias, en el Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). El Centro de Supercomputación no tiene personalidad jurídica diferenciada de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Situación en otros países

En el estudio de la Supercomputación a nivel internacional existe una herramienta de benchmarking muy desarrollada para analizar este tipo de instalaciones, así como de las instituciones que las alojan, se trata de la lista TOP500 que es elaborada semestralmente con los mayores 500 Supercomputadores a nivel mundial¹⁰.

¹⁰ El proyecto nace por iniciativa del Catedrático de Ciencias de la Computación de la Universidad de Mannheim, Hans Meuer, creador, en 1986, de la *International Supercomputing Conference* que se celebra anualmente y en la que se establece el listado de los 500 Supercomputadores más potentes a nivel mundial

El proyecto TOP500 permite analizar los mayores supercomputadores por países, haciendo una comparativa entre ellos en función de la capacidad. Asimismo, la lista TOP500 permite estudiar las entidades que gestionan cada uno de los supercomputadores, por lo que se puede comprobar fácilmente la tipología de entes que existe en esta área y hacer una comparativa con el objeto de estudiar las similitudes entre el caso español y otros países en esta materia.

TABLA 2

*Número de supercomputadores en las áreas
académicas, gubernamentales y de investigación*

País	Número de supercomputadores	% sobre el total
Alemania	30	6.00%
Arabia Saudita	4	0.80%
Australia	6	1.20%
Austria	2	0.40%
Bélgica	2	0.40%
Brasil	2	0.40%
Canadá	8	1.60%
China	61	12.20%
Corea del Sur	4	0.80%
Dinamarca	2	0.40%
España	2	0.40%
Estados Unidos	255	51.00%
Finlandia	2	0.40%
Francia	25	5.00%
India	2	0.40%
Irlanda	1	0.20%
Israel	2	0.40%
Italia	5	1.00%
Japón	26	5.20%
Noruega	1	0.20%
Países Bajos	1	0.20%
Polonia	5	1.00%
Reino Unido	27	5.40%
Rusia	12	2.40%
Singapur	2	0.40%
Suecia	5	1.00%
Suiza	4	0.80%
Taiwán	2	0.40%
Totales	500	100%

En el listado publicado en junio de 2011 (ver tabla 2) podemos apreciar cómo del total de 500 instituciones analizadas, más de la mitad (255) están en Estados Unidos; le siguen en importancia, aunque a gran distancia, China (61), Alemania (30), Japón (26) y Francia (25). El resto corresponde a otras instalaciones europeas y de los demás continentes, pero en menor medida que los países mencionados.

En lo relativo a la tipología de uso de los supercomputadores contenidos en la citada tabla 2, destaca principalmente el uso industrial, seguido del académico y de investigación, tal como podemos observar en la tabla 3.

TABLA 3

Número de supercomputadores por segmento de destino de la lista TOP500

Segmento	Nº unidades	% sobre el total
Académico	79	15.80%
Clasificado	8	1.60%
Gobierno	16	3.20%
Industria	285	57.00%
Investigación	105	21.00%
Vendedores	7	1.40%
Total	500	100%

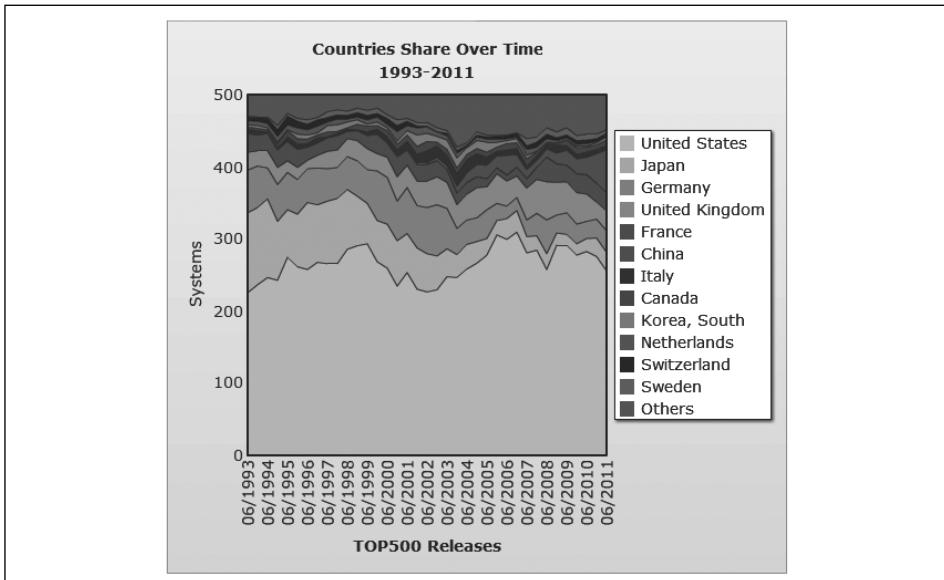
Fuente: Top500. *Supercomputer sites*.

La evolución histórica de este tipo de instalaciones desde 1993, tanto por países como por segmento de destino, se puede observar en los gráficos 7 y 8. En los mismos se aprecia que, al igual que la lista referida en líneas anteriores –de junio de 2011– la primacía en número de centros de supercomputación la tiene Estados Unidos, destacando el gran avance que han tenido estos años países como China.

En lo relativo al tipo de segmento del usuario final de los supercomputadores, se destaca que la Industria continúa siendo el campo de mayor uso de este tipo de centros, a la vez que las áreas académicas y de investigación mantienen su importancia. Se puede concluir a la vista de estos gráficos que ha habido un trasvase –o transferencia– del área de investigación a la industria, por lo que la transferencia de tecnología ha seguido el camino indicado por diversos expertos.

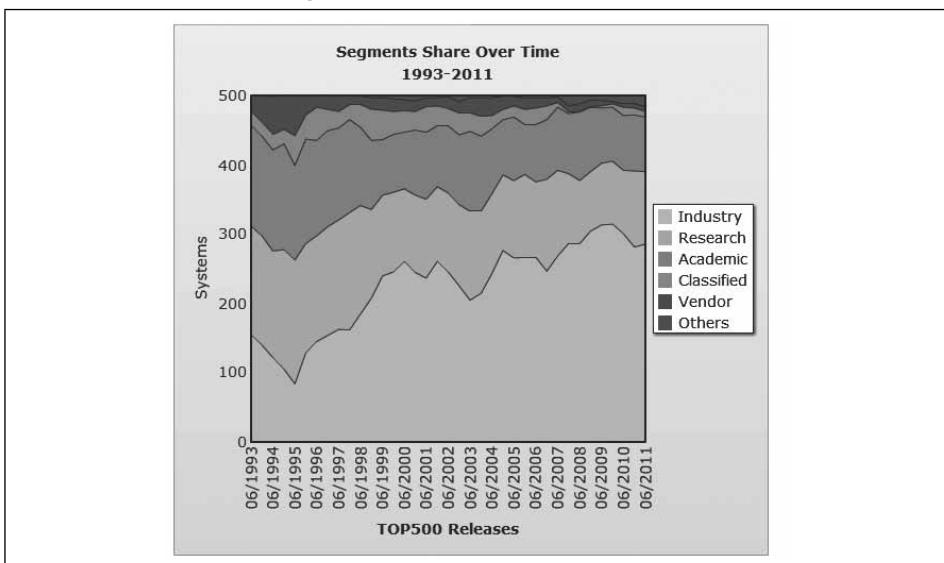
En relación a las instalaciones destinadas a actividades de innovación, centraremos el análisis del presente estudio en los supercomputadores pertenecientes a los segmentos académico, de gobierno y de investigación. En la tabla 4 se puede observar, por países, el número de centros pertenecientes a los segmentos comentados.

GRÁFICO 7
Evolución de supercomputadores registrados en el TOP500 por países



Fuente: Top500. *Supercomputer sites*.

GRÁFICO 8
Evolución de supercomputadores por segmento de actividad registrados en el TOP500 por países



Fuente: Top500. *Supercomputer sites*.

TABLA 4

Número de supercomputadores por países

País	Número de supercomputadores	% sobre el total
Alemania	18	9,00%
Arabia Saudita	1	0,50%
Australia	6	3,00%
Austria	2	1,00%
Bélgica	0	0,00%
Brasil	2	1,00%
Canadá	7	3,50%
China	6	3,00%
Corea del Sur	4	2,00%
Dinamarca	0	0,00%
España	2	1,00%
Estados Unidos	86	43,00%
Finlandia	1	0,50%
Francia	10	5,00%
India	1	0,50%
Irlanda	0	0,00%
Israel	0	0,00%
Italia	2	1,00%
Japón	19	9,50%
Noruega	1	0,50%
Países Bajos	1	0,50%
Polonia	3	1,50%
Reino Unido	7	3,50%
Rusia	10	5,00%
Singapur	1	0,50%
Suecia	5	2,50%
Suiza	4	2,00%
Taiwan	1	0,50%
Total	200	100%

Fuente: Fuente: Top500. *Supercomputer sites*.

Por último, observamos en la tabla 5 la tipología de entes que gestionan los centros referidos en la tabla 4. En el gráfico 9 se puede analizar la misma información de forma resumida en porcentajes.

TABLA 5

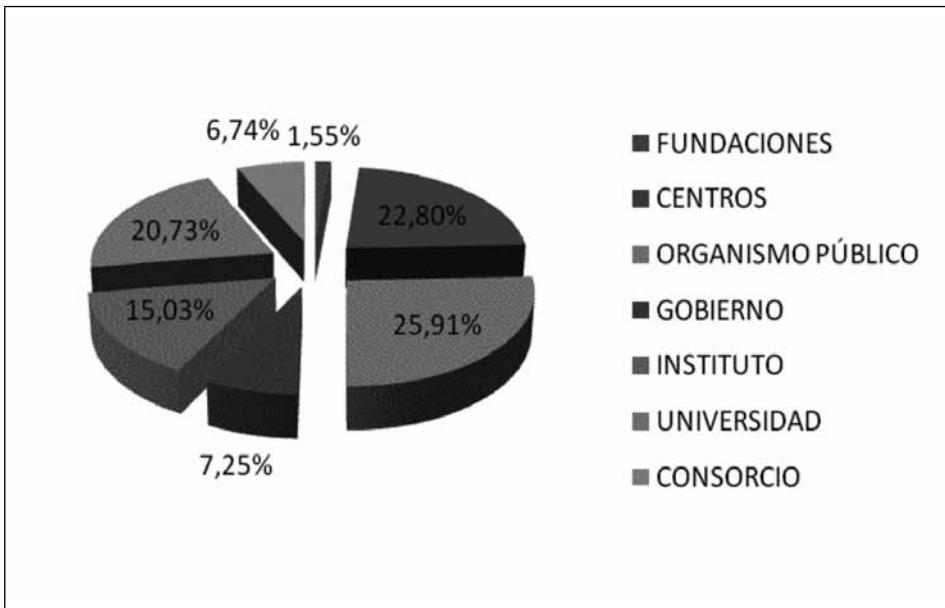
Tipología de ente instrumental que gestiona centros de supercomputación de los segmentos académico, de gobierno y de investigación

PAÍSES	PÚBLICO						PRIVADO
	Fundaciones	Centro	Organismo público	Gobierno	Instituto	universidad	
Alemania	1	3			8	6	
Arabia Saudí						1	
Australia		1	3				2
Austria						2	
Brasil			1		1		
Canadá						2	5
China	1	1	2		1	1	
Corea del Sur		1	2		1		
España		1					1
Estados Unidos		23	30	8		16	4 5
Finlandia	1						
Francia		3	6	1			
India					1		
Italia							2
Japón		2	3		11	3	
Noruega						1	
Países Bajos							1
Polonia		2				1	
Reino Unido		2	2			3	
Rusia		2		4	2	2	
Singapur		1					
Suecia		2		1	2		
Suiza					2	2	
Taiwán			1				
TOTALES	3	44	50	14	29	40	13 7

EXPERIENCIAS Y CASOS

GRÁFICO 9

Porcentaje de tipo de entes que gestionan los supercomputadores pertenecientes a los segmentos académico, de gobierno y de investigación



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la tabla 5.

Se puede observar la gran variedad de tipos de entes que gestionan los centros de supercomputación a nivel mundial, destacando los llamados Organismos Públicos, principalmente en los Estados Unidos de América. Muchos de estos organismos fueron creados en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial y desarrollan tareas que han sido clave en la primacía económica norteamericana. Es importante indicar que resalta el papel de las universidades gestionando un alto porcentaje de estos centros, bien de forma directa o indirecta, principalmente a través de consorcios, centros o institutos.

Por último, destacamos que es escaso el número de fundaciones que gestionan este tipo de centros. No obstante, hay casos, como en los Estados Unidos, donde muchos de los entes que gestionan centros de supercomputación y adoptan la forma jurídica de Centros u Organismos Públicos han sido promovidos por la Fundación Nacional de Ciencia.

El rol del sector privado es prácticamente testimonial, incluso en economías tan dinámicas como la norteamericana.

6. CONCLUSIONES

Durante las últimas décadas, el desarrollo de infraestructuras de supercomputación ha tenido un importante desarrollo, siendo igualmente considerable la previsión de capacidad que este tipo de equipos aportará en los próximos años para solucionar problemas de gran complejidad que permitan el pleno desarrollo de las sociedades en campos tan importantes como la industria, las ciencias de la vida o la astronomía.

A lo largo del presente estudio se ha observado la importancia que, no sólo en España sino a nivel internacional, tienen los centros de supercomputación, por lo que el estudio de la tipología de entes que los gestionan se convierte en un evidente campo de interés para dar respuesta a las necesidades de los usuarios finales.

En resumen:

- La mayoría de los centros analizados en España (excepto el CICA de Andalucía) está gestionada por entes instrumentales, bien con personalidad propia o bien a través de universidades.
- A nivel internacional se da un fenómeno parecido, existiendo un número importante de entes gestionados por entidades públicas –principalmente universidades– muchas de las cuales tienen personalidad jurídica propia.
- Se observa que los centros de supercomputación han contribuido de forma clara al mayor desarrollo de las sociedades, tal como se puede observar en el caso de Estados Unidos, donde gran parte del desarrollo en áreas como la aeroespacial, la industria aeronáutica o farmacológica van ligados a la existencia de estos centros.
- En el futuro será de gran utilidad analizar de forma clara la mejor tipología de ente jurídico para la gestión de este tipo de entidades, cuya propia concepción requiere de procedimientos ágiles y eficientes.

Como estudios futuros a la presente investigación se podría considerar la creación de herramientas para ayudar a la elección de la forma jurídica ideal para la creación de centros de supercomputación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DOCUMENTALES

- Albuquerque, F. (1996), *Desarrollo económico local y distribución del progreso técnico*. Santiago de Chile: ILPES.
- Almagarmid, A.K. et al. (2008), “Community-Cyberinfrastructure-Enabled Discovery in Science and Engineering”, *IEEE Computing in Science and Engineering*, 10(5): 46-53.

- Amengual Antich, J. (2009), "El control de los entes instrumentales", *Auditoría Pública*, 49: 51-62.
- Arrow, K. (1962), "Economic welfare and the allocation of resources for invention", en R. Nelson, ed., *The Rate and Direction of Inventive Activity*. New Jersey: Princeton University Press.
- Ávila Orive, J.L. (2002), *Los convenios de colaboración excluidos de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas*. Madrid: Civitas.
- Baena del Alcázar, M. (1992), *Instituciones Administrativas*. Madrid: Marcial Pons.
- Baena del Alcázar, M. (1988), *Curso de Ciencia de la Administración*. Madrid: Tecnos.
- Barcena, I., Becerra, J.A., Fernández, C. et al. (2004), "Entorno de supercomputación Grid para aplicaciones de altas demandas". *Boletín de RedIRIS*, 66-67: 17-20.
- Borrajo Iniesta, I. (1993), "El intento de huir del Derecho Administrativo", *Revista Española de Derecho Administrativo*, 78: 233-249.
- Borrás, S. y Lundvall, B. (2003), "Repensant la racionalitat de les polítiques científiques, tecnològiques i d'innovació des de la perspectiva del coneixement", *Coneixement i Societat, Revista d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació*, 3: 6-25.
- Braczyck, H.J., Cooke, P. y Heidenreich, R., eds. (1996), *Regional Innovation Systems*. Londres: London University Press.
- Buesa, M. (1996), "Empresas innovadoras y política tecnológica en el País Vasco: una evaluación de los Centros Tecnológicos", *Economía Industrial*, 312.
- Buesa, M., Casado, M., Heijs, J. et al. (2002), *El sistema regional de innovación de la Comunidad de Madrid*. Madrid: Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. En línea: <<http://eprints.ucm.es/6782/1/30-01.pdf>> (consulta: 2 junio 2012).
- Cano, I. (2007): "Pioneros del 'Grid' en el mundo de la administración pública y los negocios". *Tendencias21*. En línea: <http://www.tendencias21.net/supercomputacion/Pioneros-del-Grid-en-el-mundo-de-la-administracion-publica-y-los-negocios_a1.html> (consulta: 17 octubre 2011).
- Cano, I. (2008), "La nueva generación de Centros de Supercomputación". *Tendencias21*. En línea: <http://www.tendencias21.net/supercomputacion/La-nueva-generacion-de-Centros-de-Supercomputacion_a6.html> (consulta: 17 octubre 2011).
- Chen, D.H.C. y Dahlman, C.J. (2004), "Knowledge and Development: a Cross- Section Approach". *Social Science Research Network*. En línea: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=616107> (consulta: 2 junio 2012).
- COTEC (2004), *El sistema español de innovación. Diagnósticos y recomendaciones*. Madrid: Fundación COTEC para la innovación tecnológica.
- Dasgupta, P. y David, P. (1987), *Priority, secrecy, patents and the socio-economic of science and technology*. Londres: CEPR.
- Edquist, C., ed. (1997), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. Londres/Washington: Routledge.
- Foray, D. (1991), "Économie et politique de la science: les développements théoriques récents", *Revue Française d'Économie*, 6(4): 53-87.
- Freeman, C. (1987), *Technology and economic performance: Lessons from Japan*. Londres: Pinter Publishers.

- García de Enterría, E. y Ramos Fernández, T. (1993), *V Curso de Derecho Administrativo*. Madrid: Cívitas.
- Guellec, D. y Van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2001), “R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries”. *OECDiLibrary*. En línea: <<http://dx.doi.org/10.1787/652870318341>> (consulta: 2 junio 2012).
- Koschätzky, K., Kulicke, M. y Zenker, A., eds. (2000), *Innovation Networks*. Heidelberg: ISI.
- Meilán Gil, J.L. (1996), “La Administración Pública a partir de la Constitución Española de 1978”, *Revista Española de Derecho Constitucional*, 16(47): 55-100.
- Lederman, D. y Maloney, W. (2003), “R&D and development”. *Social Science Research Network*. En línea: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=402480> (consulta: 2 junio 2012).
- Leydesdorff, L. y Etzkowitz, H. (2001), “The transformation of university-industry-government relations”, *Electronic Journal of Sociology*, 5(4). En línea: <<http://www.sociology.org/content/vol005.004/th.html>> (consulta: 28 octubre 2011).
- Linde Paniagua, E. (1998), “El Derecho administrativo como derecho instrumental versus la huida del derecho administrativo”, *Revista del Poder Judicial*, 49: 579-618.
- Lundvall, B., ed. (1992), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter Publishers.
- Martín-Retortillo, S. (1996), “Reflexiones sobre la huida del Derecho administrativo”, *Revista de Administración Pública*, 140: 25-67.
- Milone, D., Azar, A. y Rufiner, L. (2002), “Supercomputadoras basadas en ‘clusters’ de PCs. Trabajo de desarrollo tecnológico realizado en el Laboratorio de Cibernética de la Facultad de Ingeniería (UNER)”. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología*, XVIII(25). En línea: <http://fich.unl.edu.ar/sinc/publications/2002/MAR02/sinc_MAR02.pdf> (consulta: 2 junio 2012).
- Ministerio de Economía y Hacienda (2003), *Acuerdos del Consejo de Política Fiscal y Financiera de 10 de abril de 2003*. Madrid: MEH.
- Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (2011), *Informe Inventario de entes dependientes de las Comunidades Autónomas*, Madrid: Dirección General de Coordinación Financiera con las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales.
- Moraleda, A. (2007), “Supercomputación: un salto cualitativo para la competitividad de la economía española”, *Economistas*, 26(116): 294-297.
- Navarro, M. (2002), “El marco conceptual de los Sistemas de Innovación Nacionales y Regionales”, *Revista Madri+d*, 4: 87-102.
- Navarro, M. y Zubiaurre, A. (2003), “Los Centros Tecnológicos y el sistema regional de la innovación. El caso del País Vasco”, *Documento de Trabajo*, nº 38. Madrid: Instituto de Análisis Industrial y Financiero de la Universidad Complutense. En línea: <<http://eprints.ucm.es/6813/1/38-03.pdf>> (consulta: 2 junio 2012).
- Nelson, R.R. (1959), “The Simple economics of basic scientific research”, *Journal of Political Economy*, 67(3): 297-306.
- Nelson, R., ed. (1993), *National Innovation Systems. A comparative analysis*, Oxford: Oxford University Press.

- OCDE (1997), *National Innovation Systems*. París: OCDE.
- OCDE (1999), *Managing National Innovation Systems*. París: OCDE.
- OCDE (1999), *Managing National Innovation Systems*. París: OECD.
- OCDE (2004), *Measuring Knowledge Management in the Business Sector. First steps*. París: OECD/Ministry of Industry of Canada.
- Ondátegui, J.C. (2000), “Parques científico-tecnológicos en España: las fronteras del futuro”, en J.L. Alonso y R. Méndez, eds., *Innovación, pequeña empresa y desarrollo local en España*. Madrid: Cívitas.
- Pavitt, K. (1991), “¿Dónde reside la utilidad económica de la investigación básica?”, *Arbor*, 546: 31-56.
- Pérez Mato, J. (2008), “Supercomputadores, historia y actualidad. MP para Comunicaciones”. ETSIT-ULPG. En línea: <http://www.iuma.ulpgc.es/~nunez/clases-micros-para-com/mpco809-trabajos/mpco809JavierPerezMatosupercomputadores_ppt.pdf> (consulta: 25 octubre 2011).
- Putnam, R. (1993), *Making democracy work. Civic traditions in modern Italy*. Princeton: Princeton University Press.
- Romer, P. (1990), “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.
- Romera, F., Font, A. y Ondátegui, J.C. (2000), *Los parques científicos y tecnológicos. Los parques en España*. Madrid: Fundación Cotec.
- Schumpeter, J.A. (1944), *Teoría del desarrollo económico*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J.A. (1984), *Capitalismo, Socialismo y Democracia*. Barcelona: Folio.
- Soete, L. et al. (2002), *Benchmarking national research policies: The impact of RTD on competitiveness and employment (IRCE)*. Bruselas: Comisión Europea. En línea: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/era/docs/bench_irce_0802.pdf> (consulta: 2 junio 2012).
- Vence Deza, X. (2007), *Crecimiento y políticas de innovación: nuevas tendencias y experiencias comparadas*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Villar Palasí, J.L. (1950), “La actividad industrial del Estado en el Derecho Administrativo”. *Revista Administración Pública*, 3: 53-130.
- Villar y Romero, J.M. (1958), “Ferrocarriles”, en *Nueva Enciclopedia Jurídica*. Barcelona: Seix.
- Zubiaurre, A. (2000), *La innovación en las empresas de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Tesis Doctoral. San Sebastián: ESTE-Universidad de Deusto.

