



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Estructura Económica y Economía del Desarrollo
Doctorado en Integración y Desarrollo Económico

TESIS DOCTORAL

Capital social y desarrollo económico
Un estudio de las redes de innovación en España

Directora: María Jesus Vara Miranda

Autor: Pablo Galaso Reca

Madrid, febrero de 2011

Introducción	9
Parte I: Marco teórico	15
1. Concepto y características del capital social	17
1.1. ¿Qué no es el capital social?	17
1.1.1. El capital social no son las instituciones	18
1.1.2. El capital social no es la confianza	19
1.1.3. El capital social no es la cultura	20
1.2. ¿Qué es entonces el capital social?	21
1.3. ¿Cuáles son las principales características del capital social?	23
2. El capital social y el desarrollo económico	26
2.1. Aspectos microeconómicos	28
2.1.1. Obtención y difusión de información	29
2.1.2. Desincentivo a comportamientos oportunistas y fomento de la cooperación.....	30
2.1.3. Influencias negativas del capital social en el desarrollo	33
2.2. Aspectos macroeconómicos	34
2.2.1. Análisis indirecto o residual	34
2.2.2. Análisis directo	36
2.3. Otros aspectos de la relación entre capital social y desarrollo.....	39
2.3.1. ¿Cuándo influye más el capital social sobre el desarrollo económico?	39
2.3.2. Capital social y desigualdad	40
2.3.3. Influencia del desarrollo en el capital social.....	41
2.4. El capital social como fin del desarrollo	42
Parte II: Aspectos metodológicos	45
1. Introducción	47
1.1. ¿Qué debemos medir?	48
1.2. ¿Cómo debemos medirlo?.....	49
1.2.1. Ámbito de estudio	49
1.2.2. Técnicas de obtención y análisis de la información.....	51
1.2.3. Críticas a los estudios empíricos	57
1.2.4. Primeras conclusiones acerca de la metodología	59
2. El análisis de redes sociales	60
2.1. Definición y principios básicos	60
2.2. Conceptos previos	61
2.3. Evolución histórica del análisis de redes sociales	62
2.3.1. Euler y los siete puentes de Königsberg.....	62
2.3.2. Las redes aleatorias.....	64
2.3.3. Los seis grados de separación	67
2.3.4. Lazos fuertes y lazos débiles	69

2.3.5. Las redes de mundo pequeño	71
2.3.6. Las redes sin escala	75
2.4. Propiedades estructurales de las redes sociales	78
2.4.1. Propiedades fundamentales	79
2.4.2. Propiedades de centralidad, centralización, prestigio y poder	83
2.4.3. Propiedades de cohesión o agrupamiento	88
2.4.4. Propiedades de equivalencia (posición y rol)	92
3. Características estructurales del capital social	94
3.1. Conectividad y densidad	95
3.1.1. Información e innovación	96
3.1.2. Cooperación	98
3.2. Descentralización	98
3.2.1. Información e innovación	99
3.2.2. Cooperación	99
3.3. Agrupamiento	100
3.3.1. Información e innovación	102
3.3.2. Cooperación	104
3.3.3. Nivel óptimo de agrupamiento	104
3.4. Cercanía estructural	106
3.4.1. Información e innovación	107
3.4.2. Cooperación	109
3.4.3. Nivel óptimo de cercanía estructural	110
3.5. El mundo pequeño	110
Parte III: Estudio empírico	109
1. Introducción y objetivos	117
2. Panorama del sistema español de innovación	120
2.1. Evolución histórica	120
2.2. Agentes del sistema español de innovación	122
2.2.1. Las empresas	122
2.2.2. El sistema público de innovación	127
2.2.3. Las organizaciones de soporte a la innovación	129
2.2.4. Las administraciones públicas	131
2.2.5. El entorno	133
2.3. Indicadores del sistema español de innovación	135
2.3.1. Recursos dedicados a la innovación	135
2.3.2. Resultados de la actividad innovadora	145
2.4. Primeras conclusiones acerca del sistema español de innovación	157
3. Los datos	159
3.1. Ventajas e inconvenientes del uso de datos de patentes	160

3.1.1. Ventajas	160
3.1.2. Inconvenientes	161
3.1.3. Conclusión	166
3.2. Uso de datos de patentes para el análisis de redes.....	167
3.2.1. Nodos o actores	167
3.2.2. Vínculos o relaciones entre actores.....	168
3.2.3. Localización geográfica.....	170
3.2.4. Fecha y evolución temporal	171
4. Analysis of the Innovation Networks in Spain	173
4.1. Patents and Collaboration.....	173
4.1.1 Patents and Innovators	174
4.1.1. Collaboration Patterns.....	181
4.2. Innovation Networks in Spain	188
4.2.1. Basic properties	191
4.2.2. Distance and centralisation properties.....	196
4.2.3. Clustering and small world properties.....	201
4.2.4. Node analysis.....	202
4.3. Statistical Analysis	210
4.3.1. Dependent variable	210
4.3.2. Independent variables.....	211
4.3.3. Firm-level control variables	215
4.3.4. Other control variables	216
4.3.5. Regional and national perspective.....	216
4.3.6. Model specification.....	217
4.3.7. Results	218
4.3.8. Discussion	223
Part IV: Conclusions	225
1. Theoretical Conclusions.....	227
2. Methodological Conclusions	230
3. Empirical Conclusions.....	230
Referencias bibliográficas	235

Introducción

¿Qué es el capital social? ¿Cómo influye en el desarrollo económico? ¿Se puede medir o cuantificar esta influencia? La presente tesis doctoral pretende dar respuesta a estas preguntas. Para ello, clarifica las definiciones de capital social presentadas por la literatura académica, ofrece una medición del mismo empleando el análisis de redes y estudia la influencia de dicho capital social sobre el desarrollo económico español.

Ahondando en estas cuestiones, nuestro trabajo realiza una aportación inédita al elaborar, por primera vez, las redes de relaciones entre empresas innovadoras en España con el fin de medir su capital social. Asimismo, estudia sus propiedades estructurales, su evolución temporal (entre 1978 y 2008) y sus diferencias territoriales, correlacionando después este capital con el rendimiento de innovación logrado por las empresas. Este análisis ha permitido obtener reveladoras conclusiones acerca de la forma en la que el capital social ha influido sobre los resultados de innovación y, consecuentemente, sobre el desarrollo económico español.

La investigación se inicia con el planteamiento de los siguientes **objetivos**:

1. Clarificar la definición de capital social y detallar sus principales características, evitando posibles confusiones con otros conceptos similares.
2. Analizar las interacciones entre el capital social y los procesos de desarrollo económico, señalando los orígenes de sus influencias mutuas.
3. Presentar, desde una perspectiva crítica, las principales técnicas de medición del capital social empleadas hasta la fecha, detallando sus ventajas e inconvenientes tanto en sus bases teóricas, como en sus aspectos metodológicos.
4. Evaluar el análisis de redes sociales como herramienta para medir empíricamente al capital social.

5. Aplicar el análisis de redes sociales a partir de datos de patentes para estudiar las redes de innovación en España.
6. Elaborar un modelo que explique la relación entre las propiedades estructurales de las redes y los resultados de innovación de las empresas.

Posteriormente, se formulan las cuatro **hipótesis** generales:

1. El capital social influye en el desarrollo económico a través de múltiples ámbitos. La innovación es uno de ellos.
2. El análisis de redes sociales es una herramienta de gran utilidad para desarrollar un estudio empírico del capital social ya que permite emplear una gran variedad de indicadores que describan la estructura y dinámica de las relaciones entre agentes.
3. El capital social presente en las redes de innovación en España refleja significativas diferencias geográficas. Esas diferencias tienen influencia en los resultados de innovación obtenidos por las distintas regiones españolas.
4. Las propiedades estructurales de las redes pueden facilitar o restringir los resultados de la innovación. Distintas propiedades pueden afectar de forma diferente cuando se considera la red nacional o las redes regionales.

Una vez establecidos los objetivos y las hipótesis de partida, se trató de clarificar el concepto de capital social presentado en la literatura académica, detallando sus principales características y evitando posibles confusiones con otros términos similares. Dada su enorme capacidad de síntesis, nos decantamos por la definición de Nan Lin, según la cual el capital social es el conjunto de recursos presentes en las relaciones sociales (Lin, 2005).

Tras definir adecuadamente el término, nos propusimos analizar sus interacciones con el desarrollo económico, lo que, inevitablemente, nos llevó a estudiar las técnicas de medición del capital social, describiendo los principales trabajos realizados hasta la fecha. En este punto de la investigación, identificamos una

herramienta de gran utilidad para el estudio empírico del capital social: el análisis de redes sociales. Este tipo de análisis permite obtener información cuantitativa y cualitativa acerca de la estructura y evolución de las redes sociales en las que se encuentra el capital social. Por ello, esta tesis ofrece una descripción detallada del análisis de redes, explicando sus ventajas e inconvenientes así como sus principales indicadores y aplicaciones.

Desde el inicio, nuestra intención fue contrastar el trabajo llevando a cabo un estudio empírico capaz de medir el capital social y de analizar sus efectos sobre el desarrollo económico. Para su realización, consideramos que, si el capital social se encuentra en las relaciones sociales, un análisis completo del mismo requeriría una tarea prácticamente inabarcable dada la amplitud, profundidad y complejidad que presenta el entramado completo de las relaciones sociales. Por ello, y siguiendo las recomendaciones de Durlauf y Fafchamps (2004),¹ optamos por centrar nuestro estudio en un aspecto concreto y abarcable del capital social: las redes de relaciones entre empresas innovadoras.

Tres razones motivaron esta elección. En primer lugar, la disponibilidad de datos enormemente fiables y detallados que permiten conocer con gran precisión la estructura y tipología de redes de empresas innovadoras: los datos de patentes. En segundo lugar, el hecho de que dichas redes, aún siendo mensurables, son un reflejo del vasto e inabarcable entramado de relaciones empresariales y, por extensión, de otros ámbitos de la economía española; por ello han de ser una buena muestra del capital social en España. Finalmente, dado el amplio consenso que tiene la influencia de la innovación sobre el conjunto de una economía, un estudio centrado en este aspecto puede resultar de gran interés a la hora de observar el papel del capital social en el desarrollo económico.

Para nuestra investigación empleamos datos de patentes obtenidos de la Oficina Española de Patentes y Marcas. Concretamente, utilizamos todos los registros de patentes europeas presentadas en España desde 1978 (año en que comienzan a registrarse este tipo de patentes) hasta 2008. Con ellos, elaboramos una extensa y detallada base de datos capaz de desgranar, para cada patente, información exhaustiva

¹ Estos autores consideran más adecuado abandonar una visión excesivamente amplia del capital social para centrar el análisis en aspectos más específicos del mismo.

acerca de las empresas e inventores que participaron en su elaboración.² Posteriormente, identificamos a todas las empresas que colaboraron entre sí para patentar de forma que, uniendo esas colaboraciones, pudimos obtener las redes de cooperación entre empresas innovadoras.

El resultado final fue una gran red de 8.215 empresas conectadas entre sí por 5.475 vínculos. Esta red nacional fue posteriormente desglosada en diferentes redes regionales que incluyen a las empresas de cada provincia. La construcción de estas redes supone una de las principales aportaciones de la presente tesis doctoral ya que, hasta la fecha, ningún trabajo de investigación ha logrado presentar un mapa tan amplio y detallado de las relaciones de colaboración entre empresas innovadoras en España. Es por ello que, a partir de este punto de la tesis, el análisis del capital social presente en las redes de innovación resulta completamente novedoso para la economía española.

Una vez elaboradas las redes, el siguiente paso fue realizar un análisis descriptivo de sus características estructurales y su evolución, identificando las diferencias territoriales entre la red nacional y las distintas redes localizadas en provincias de especial actividad innovadora, tales como Barcelona, Madrid y Valencia. De esta forma, obtuvimos una medición del capital social presente en las redes de innovación españolas.

Tras esta descripción pasamos a contrastar nuestra hipótesis principal: *el capital social presente en las redes de innovación afecta al rendimiento de las empresas innovadoras y, por ende, al desarrollo económico*. Para ello, llevamos a cabo un estudio econométrico capaz de modelizar la relación entre las propiedades estructurales de las redes –identificadas con el capital social– y el número de patentes registradas por las empresas –que se emplea como medida del rendimiento de innovación–. Esto nos permitió observar qué estructuras de capital social influyen positivamente en la innovación y, por tanto, en el desarrollo económico.

En nuestro estudio empírico descubrimos que existen importantes diferencias geográficas en el capital social español. Además, observamos que las distintas estructuras de red han influido a lo largo del tiempo en los rendimientos de la

² De cada patente se identifica en la base de datos la siguiente información: los solicitantes e inventores que han participado, las direcciones postales de cada uno de ellos, todas las patentes en las que han participado, los productos patentados y las fechas de solicitud de la patente.

innovación y que, en algunos casos, la influencia se debe a una red de ámbito nacional, mientras que en otras ocasiones, la red que afecta al desarrollo es de ámbito regional.

Esto nos lleva, por un lado, a identificar cuáles son las propiedades estructurales del capital social que más han impulsado la innovación en España. Por otro lado, nos permite considerar que el capital social se estructura e influye de manera diferente en función de que se trate de relaciones entre agentes regionales o entre agentes de ámbito nacional. Estas son, en nuestra opinión, las principales contribuciones de nuestra investigación.

Los contenidos de la tesis se han estructurado en cuatro partes claramente diferenciadas:

La primera parte se ocupa del marco teórico. Se comienza revisando la literatura académica acerca del concepto y características del capital social con el fin de terminar ofreciendo una definición del mismo que se empleará en el resto de la investigación. Posteriormente, se ofrece un repaso de los trabajos que analizan el papel del capital social en el desarrollo económico. Finalmente, se detallan y justifican las posibles vías de interacción entre ambos conceptos.

La segunda parte está dedicada a los aspectos metodológicos. Se describen las técnicas de medición del capital social que se han empleado hasta la fecha. Tras ello, se presenta en mayor detalle el análisis de redes sociales incluyendo una breve historia del mismo y una descripción e interpretación de sus principales indicadores. Finalmente, se resumen las propiedades estructurales que conviene medir para realizar un estudio empírico del capital social.

La tercera parte contiene el estudio empírico en el que se analiza la influencia del capital social sobre los rendimientos de las empresas innovadoras. Con este fin, comienza presentando una visión panorámica del sistema español de innovación, al ser éste el ámbito en el que se realiza el estudio empírico. Más adelante, ofrece una descripción detallada de los datos empleados identificando sus ventajas e inconvenientes. Finalmente se lleva a cabo el estudio empírico propiamente dicho, el cual consta de un análisis descriptivo de las redes de empresas y un estudio econométrico que correlaciona las propiedades de dichas redes con el rendimiento de innovación que obtienen las empresas.

La cuarta y última parte resume las conclusiones obtenidas en el trabajo clasificándolas en tres grupos: conclusiones teóricas, metodológicas y empíricas. Se hace especial hincapié en las conclusiones del estudio empírico por ser esta parte la principal aportación de la tesis.

Esta tesis comenzó a elaborarse en el curso académico 2004-2005, dentro del programa de doctorado Integración y Desarrollo Económico del Departamento de Estructura Económica y Economía del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Durante el primer curso se obtuvo el respaldo de una beca de la UAM para realizar una estancia de investigación en la *Università Degli Studi di Firenze* (Florencia) que finalizó con la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (DEA) en octubre de 2005. Esta estancia dio inicio a una línea de investigación que se ha ido desarrollando entre los años 2006 y 2010 –principalmente desde la UAM– hasta desembocar en la presente tesis doctoral.

Finalmente, y antes de pasar a la primera parte del trabajo, conviene recordar que esta tesis opta a la mención europea en el título de doctor, para lo cual la normativa exige que parte del documento final sea redactada en una de las lenguas oficiales de la Unión Europea distinta a las lenguas oficiales de España (R.D. 1393/2007 Artículo 22). Es por ello que, a partir del Capítulo 4 de la Parte III, el trabajo está escrito en lengua inglesa.

Parte I

Marco teórico

Resumen:

Esta primera parte de la tesis tiene como objetivo realizar un encuadre teórico del trabajo. Para ello, comienza analizando el concepto y características de capital social, continúa estudiando su relación con los procesos de desarrollo económico y, finalmente, justifica la perspectiva desde la que se desarrollará el posterior estudio empírico.

1. Concepto y características del capital social

Desde que en 1916 Lyda Judson Hanifan acuñase por vez primera la expresión *capital social* para destacar la importancia de un compromiso comunitario en apoyo de la democracia y el desarrollo (Hanifan, 1916), este concepto ha sido objeto de estudio de diferentes disciplinas académicas tales como la economía, la sociología, las ciencias políticas, la arquitectura, el urbanismo, la criminología, la salud pública y la psicología social.

No obstante la gran difusión alcanzada por los estudios sobre capital social,³ la extensa y creciente literatura al respecto ha puesto de manifiesto una enorme dificultad a la hora de ofrecer una definición generalmente consensuada del mismo. Así, aún a día de hoy, no existe acuerdo satisfactorio acerca de lo que se entiende por este término. Además, la falta de acuerdo se agudiza especialmente cuando se trata de medir el capital social y de estudiar sus efectos sobre el desarrollo económico.

En el presente apartado, trataremos de definir el concepto de capital social que se empleará a lo largo de la tesis. Para ello, comenzaremos abordando las diferencias que presenta con una serie de términos –instituciones, confianza y cultura– que, debido a su semejanza, en muchas ocasiones se pueden confundir con el capital social. Más adelante, analizaremos en profundidad la definición de capital social que consideramos más adecuada. Finalmente, explicaremos cuáles son sus características más importantes en comparación con las otras formas de capital.

1.1. ¿Qué no es el capital social?

En el análisis de la literatura sobre la noción, características y aplicaciones del capital social nos hemos encontrado con tres ideas y conceptos que, pese a ser cercanos y similares, no coinciden exactamente con aquél. Debido a esta similitud, si no se examinan con cuidado, pueden generar confusión y dificultades en el estudio que nos proponemos realizar.

No en vano, algunos autores cuestionan el éxito y la rápida expansión de la teoría del capital social –capaz de reinterpretar y unir teorías anteriores desde diferentes

³ Como muestra de este éxito, Sabatini recuerda que en EconLit, la base de datos más empleada para la búsqueda de artículos en economía, el número de referencias que incluyen “capital social” como una de sus palabras clave se ha ido duplicado todos los años desde finales de los años noventa (Sabatini, 2006).

disciplinas académicas– al argumentar que éstos han sido motivados principalmente por el carácter ambiguo y caótico de su concepto (Fine, 2001; Durlauf y Fafchamps, 2004).⁴

Ciertamente, la mayoría de los trabajos teóricos acerca del capital social a la hora de definir y acotar el concepto combinan –y en muchas ocasiones confunden– una gran variedad de ideas similares, de forma que siempre que se observan comportamientos cooperativos o actitudes benignas en los agentes económicos se atribuye la explicación al capital social (Durlauf, 2002a).

En definitiva, como apunta Dasgupta (2002), los problemas de definición y acotación pueden tener su origen en la incorrecta distinción entre capital social, confianza, cultura e instituciones. Éstas son nociones diversas que no deben ser analizadas indistintamente.

Por todo ello, parece adecuado comenzar este trabajo delimitando las fronteras del término capital social a través de los conceptos con los que éste linda; es decir, aclarando qué ideas, pese a ser cercanas y similares, no son y no deben ser confundidas con el capital social.

1.1.1. El capital social no son las instituciones

El concepto de institución aparece, con especial relevancia para la ciencia económica, gracias al nuevo institucionalismo económico (North, 1990; Coase, 1960; Williamson, 1991). Esta escuela considera que las instituciones “son las reglas del juego en una sociedad o, más formalmente, son las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana” (North, 1990; p. 13).

La importancia de las instituciones radica en la existencia de los llamados costes de transacción. Como argumenta North (1990) partiendo de las ideas iniciales de Coase (1960), toda transacción lleva implícitos una serie de costes denominados costes de transacción. A saber: (1) los costes de medición de los atributos que posee el objeto del intercambio –o costes de búsqueda de información–, (2) los de protección de derechos, y (3) los de vigilancia y aplicación de los acuerdos entre las partes.

⁴ Esta amplitud y flexibilidad –o ambigüedad y desorden– propician el hecho de que el concepto agrade por igual a conservadores, al apuntar la necesidad de disminuir el papel del estado; y a progresistas, al subrayar la importancia de valores y acciones colectivas. De esta forma, surge la duda de si en el fondo el capital social únicamente sirve para decir lo mismo en diferentes ámbitos y con diferentes palabras (Durlauf y Fafchamps, 2004).

North apunta que la existencia de instituciones se justifica por la presencia de dichos costes. El papel que desempeñan aquéllas es el de reducirlos haciendo más eficientes –menos costosas– las transacciones entre agentes socioeconómicos. Es decir, las instituciones, al proporcionar una estructura estable para la interacción humana, reducen la incertidumbre y los costes de transacción y, por lo tanto, condicionan el nivel de desarrollo económico (North, 1990).

En otras palabras, cuando las instituciones logran reducir los costes de transacción, éstas se convierten en canalizadoras de progreso; sin embargo, cuando limitan o dificultan el acuerdo, el comercio o la transacción se resienten (Alfonso Gil, 2001).

El capital social está presente en las relaciones sociales y, como se verá más adelante, en muchos casos contribuye a reducir los costes de transacción. Ahora bien, estrictamente no se identifica con el conjunto de normas que regulan las relaciones entre agentes, y por lo tanto, aunque sean conceptos similares, es incorrecto considerar que el capital social son las instituciones.

1.1.2. El capital social no es la confianza

El estudio de la confianza es de gran importancia en la mayor parte de los trabajos sobre el capital social, tanto para la definición del concepto como para el análisis de sus componentes. De hecho, muchos autores la emplean directamente como uno de los principales indicadores del mismo (Putnam, 1993; La Porta *et al.*, 1996; Knack y Keefer, 1997).

La confianza se concibe como “la expectación que surge, dentro de una comunidad en la que existe un comportamiento regular de honestidad y cooperación basado en unas normas compartidas, hacia otros miembros de la comunidad” (Fukuyama, 1995; p. 26).

En línea con el concepto de costes de transacción, la confianza nace cuando hay imperfecciones de contrato; si no las hubiera, ésta no sería necesaria y, por lo tanto, no existiría (Solow, 2000). Más aún, la confianza actúa como el lubricante de las relaciones sociales y, por consiguiente, como generadora de cooperación entre agentes económicos (Putnam, 2003).

Asimismo, de acuerdo con los argumentos de Narayan y Prichett (2000) y de Durlauf y Fafchamps (2004), la confianza desempeña un importante papel en la provisión y efectividad de los bienes públicos –que, a su vez impulsan el desarrollo económico–. En palabras de Durlauf y Fafchamps (2004; p. 14):

La provisión de bienes públicos se realiza más fácilmente cuando la capacidad del estado para recaudar impuestos y movilizar recursos se combina con la confianza y la implicación comunitaria. Esto se debe a que, sin una disciplina voluntariamente aceptada, la acción de los gobiernos se vuelve ineficiente: los impuestos no se pagan, las reglas no se cumplen, los funcionarios se vuelven corruptos y se impone el *free riding*.

En muchos aspectos, la confianza y el capital social se asemejan considerablemente. Sin embargo, aunque tienen muchos puntos en común, son conceptos diferentes que no deben ser empleados indistintamente.

1.1.3. El capital social no es la cultura

El último concepto que resulta necesario distinguir del capital social es el de cultura. Ésta aparece analizada desde diferentes perspectivas en numerosos trabajos sobre el capital social (Kliksberg y Tomassini, 2000; Fine, 2001; Stone, 2001; Trigilia, 2001; Dasgupta, 2002; Boschma, 2004; Karlan, 2005).

Tomando la definición de Marvin Harris, consideraremos que la “[c]ultura es el conjunto aprendido de tradiciones y estilos de vida, socialmente adquiridos, de los miembros de una sociedad, incluyendo sus modos pautados y repetitivos de pensar, sentir y actuar” (Harris, 1983; p. 19).

Si bien la cultura tiene una gran influencia en la realidad económica al afectar directamente a la forma en que los actores definen sus intereses y delimitar la capacidad y objetivos de movilización de los grupos sociales, su presencia en el estudio de la economía es escasa. Esto se debe principalmente a cuestiones metodológicas: los economistas suelen preferir modelos con elevados niveles de abstracción y generalización en los cuales resulta realmente difícil incluir variables de tipo cultural por su particularidad y carácter irreducible (DiMaggio, 1994).

La cultura, entendida como conjunto de tradiciones y estilos de vida, tiene varios aspectos y características en común con el capital social. No obstante, se trata de un

concepto mucho más amplio y con matices que lo distinguen del capital social; por lo tanto, ambos términos no deben ser confundidos.

1.2. ¿Qué es entonces el capital social?

Por su claridad y capacidad de síntesis, en adelante emplearemos una definición de Lin, que considera al capital social como el **conjunto de recursos presentes en las relaciones sociales** (Lin, 2005).

Analicemos en detalle esta definición: en primer lugar se dice que el capital social **es un conjunto de recursos**, es decir, una serie de “elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una empresa” (Real Academia Española, 2006; p. 1263). En otras palabras, el capital social es un factor productivo y, como tal, es susceptible de satisfacer indirectamente necesidades humanas.

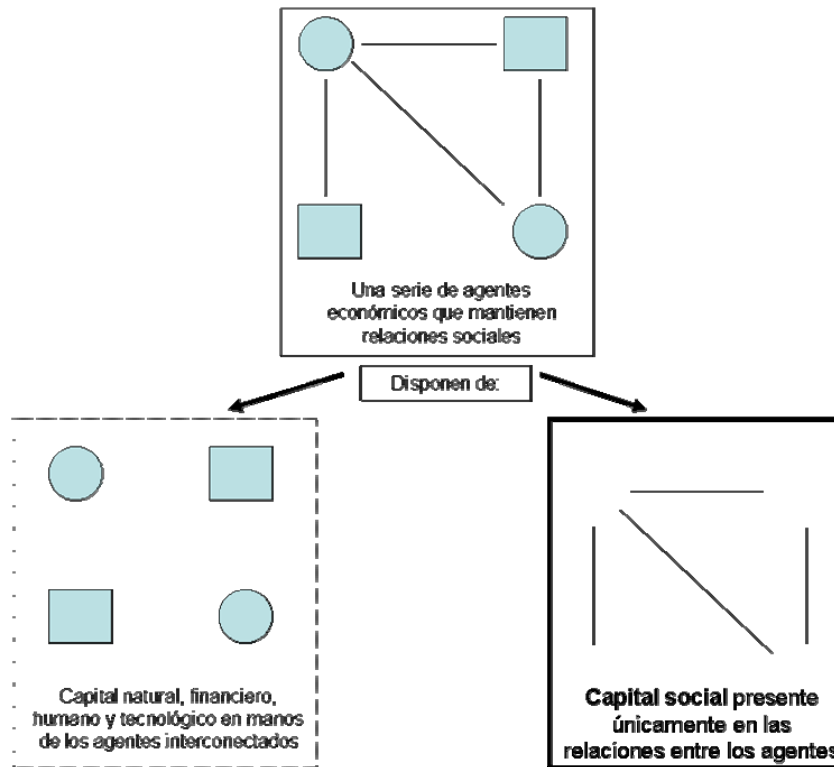
Más adelante, se nos dice que esos recursos **están presentes en las relaciones sociales**; o sea, que el capital social no se encuentra ni en los individuos que se relacionan, ni en los elementos físicos que se usan para la producción (donde sí están las otras formas de capital⁵), sino que es inherente a la estructura de las relaciones entre individuos (Coleman, 1990) y, por lo tanto, solamente en dicha estructura podremos ubicar al capital social (véase Gráfico 1.1).

Ahora bien, si todos los miembros de una determinada red de contactos, por el mero hecho de pertenecer a esa red, tienen acceso a una serie de recursos ¿de qué dependerá el nivel de recursos a los que tienen acceso?

En primer lugar, dependerá de los recursos que dispongan todos los miembros de la red, es decir, del nivel de capital natural, financiero, humano y tecnológico en manos de los agentes interconectados. Pero además –y éste es el objeto de estudio del presente trabajo–, dependerá de la red en sí misma; o mejor dicho, de la capacidad que tenga la red para transmitir y poner a disposición de todos sus miembros los recursos que estos poseen.

⁵ A saber: capital natural (o recursos naturales), capital tecnológico, capital financiero y capital humano.

Gráfico 1.1: ¿Dónde se encuentra el capital social?



Fuente: elaboración propia.

Esa capacidad de transmisión la consideraremos un recurso en sí mismo. Un recurso que, como hemos dicho, no pertenece a ninguno de los agentes en particular sino que se encuentra únicamente en la red de relaciones que mantienen entre ellos. Ese recurso es el capital social.

Estudiar el capital social supone, por lo tanto, estudiar las redes de relaciones sociales. Para lo cual habrá que analizar por un lado la estructura o forma de la red y, por otro, el tipo de relaciones o uniones entre los nodos. Estos dos aspectos son los que consideraremos como los componentes del capital social:

1. Componente estructural: formado por la estructura o forma de las redes de relaciones sociales.
2. Componente institucional: determinado por el tipo de relaciones o normas que rigen las uniones entre los agentes.

Es necesario tener en cuenta que ambos componentes del capital social no sólo están íntimamente relacionados sino que también se condicionan mutuamente. Más adelante, en la Parte II de esta tesis, describiremos cómo se realizará el análisis del

capital social a través del estudio de sus dos componentes. Pero antes, nos parece más adecuado estudiar las principales características que describen al capital social.

1.3. ¿Cuáles son las principales características del capital social?

En comparación con las otras formas de capital –natural, financiero, humano y tecnológico–, el social presenta una serie de particularidades y características propias que resulta conveniente conocer para comprender mejor tanto su esencia como su influencia en los procesos de desarrollo económico, que veremos más adelante.

En primer lugar, y como ya se ha apuntado previamente, el capital social se caracteriza por no pertenecer a ninguna de las personas que se benefician de él y, al mismo tiempo, ser propiedad de todos ellos (Coleman, 1990; Putnam, 1993).

A este respecto, algunos autores (Grootaert, 1998; Paldam, 2000; Lin, 2005) opinan que el capital social se puede analizar en el ámbito microeconómico considerándolo de forma individual como aquella cantidad de recursos presentes en las relaciones sociales de una persona. Según estos autores, el capital social individual podría verse como un bien en propiedad de un individuo.

En nuestra opinión, esta perspectiva no es incorrecta y puede resultar de gran utilidad para llevar a cabo determinados análisis. Sin embargo, el estudio del capital social en relación con el desarrollo económico requiere una concepción colectiva del capital social –más en la línea de autores como Putnam (1993), Coleman (1990), Portes y Landolt (1996) o Stolle y Rochon (1998)– como un bien común a todos los miembros de una comunidad; empleando como unidad de análisis a dicha comunidad de individuos (sea ésta una ciudad, una región o incluso un país). En el capítulo siguiente (Aspectos metodológicos) analizaremos en más detalle este tema.

Otra particularidad del capital social se refiere a su carácter público. Si bien, estrictamente hablando, el capital social no es un bien público, sí cumple en parte las características de ese tipo de bienes. Concretamente, no presenta rivalidad en el consumo, dado que la capacidad de transmisión de recursos que una red ofrece a sus miembros la ofrece sin excepción a todos ellos. Esta característica, como recuerda Coleman (1990), tiene importantes implicaciones para la creación del capital social, ya

que supone que el actor o actores que lo generan normalmente reciben sólo una pequeña parte de todos beneficios que se ofrecen, lo cual –como sucede con los bienes públicos– provoca infrainversiones en capital social y, por tanto, hace que éste se genere en muchas ocasiones como subproducto de otras actividades sociales que no tienen como objetivo directo la creación del mismo.

El sociólogo francés Pierre Bourdieu destaca otro aspecto del capital social: considera que, en comparación con las demás formas de capital, el social presenta una menor liquidez o capacidad de conversión en capital financiero. A este respecto, Bourdieu (1986) argumenta que todas las formas de capital son susceptibles de ser convertidas en capital financiero a un mayor o menor coste y que esa convertibilidad determinará la capacidad del capital para establecer y mantener las desigualdades. Es decir, a menor liquidez, menor movilidad del capital, y por tanto, mayor facilidad para mantener las desigualdades sociales y económicas.

Atendiendo a este criterio de convertibilidad, el capital social, al ser muy poco líquido, tiene más dificultades para fluir entre individuos, lo cual supone que se deriva de desigualdades y exclusiones sociales anteriores a su formación y que favorece el mantenimiento de estas desigualdades (Bourdieu, 1986).

Respecto a su posible clasificación, algunos autores (Woolcock y Narayan, 2000; Putnam, 2002; Lin, 2005; Sabatini, 2005) distinguen dos componentes o tipos de capital social con características diferentes: (1) el capital social vinculante o *bonding social capital*, que se encuentra en los lazos fuertes y relaciones cercanas entre individuos y tiende a reforzar los grupos homogéneos y las identidades excluyentes; y (2) el capital social que tiende puentes o *bridging social capital*, que se identifica con lazos débiles característicos de las relaciones orientadas hacia el exterior, es decir, dirigidas hacia agentes sociales diferentes a los miembros de un grupo fuertemente cohesionado, y que ponen en contacto a personas de diversos grupos y capas sociales. Como veremos más adelante, ambas formas de capital social actúan de diferente manera y presentan tanto ventajas como inconvenientes.

Por último, en cuanto a la medición del capital social, cabe destacar su intangibilidad dada su presencia únicamente en las relaciones entre agentes, dificulta enormemente la aplicación de técnicas cuantitativas para su análisis.⁶

⁶ En la Parte II, desarrollaremos en detalle los problemas que conlleva su medición.

Una vez descritas las principales características del capital social que se resumen en el Cuadro 1.1, pasamos, en la sección siguiente, a estudiar en detalle la relación entre el capital social y los procesos de desarrollo económico.

Cuadro 1.1: Características del capital social

- No pertenece a ninguno de los agentes que se benefician de él
- Tiene rasgos de bien público (no exclusión)
- Se genera como subproducto de otras actividades sociales
- Tiene una menor capacidad de conversión en capital financiero
- Puede favorecer las desigualdades entre agentes económicos
- Se compone de dos elementos: el capital social vinculante y el capital social que tiende puentes
- Presenta grandes dificultades para su medición

Fuente: elaboración propia.

2. El capital social y el desarrollo económico

Tradicionalmente, las teorías del desarrollo económico han ofrecido visiones muy reducidas y a menudo contradictorias sobre el papel que las relaciones sociales desempeñan en la economía. Dichas relaciones se han considerado durante mucho tiempo como irrelevantes o incluso como impedimentos u obstáculos para el análisis del desarrollo, y por consiguiente, para la elaboración y puesta en práctica de políticas en esta dirección (Woolcock y Narayan, 2000).

En el ámbito de las consideradas como teorías ortodoxas del desarrollo económico, los aspectos sociales e institucionales se fueron incorporando y cobraron mayor importancia con la aparición de los estudios sobre distritos industriales, las teorías del desarrollo endógeno y las aportaciones del nuevo institucionalismo económico. Estas tres escuelas, desde sus diferentes perspectivas, han logrado incorporar en sus análisis del desarrollo una serie de variables muy relacionadas con el capital social.

En primer lugar, y como se apuntó previamente, el nuevo institucionalismo económico señala que las instituciones –entendidas como las reglas o limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a las interacciones sociales–, al proporcionar la estructura del intercambio, determinan los costes de transacción condicionando de esta manera el nivel de desarrollo económico (North, 1993).

En cuanto a los estudios sobre distritos industriales, la principal novedad de su aportación radica en la unidad de análisis empleada. Si bien tradicionalmente se atendía a la empresa de forma individual considerando sus posibilidades de integración vertical, sus formas de organización productiva, sus relaciones con el mercado, etc.; en el estudio de los distritos industriales se utiliza como objeto de análisis una zona geográfica determinada –la que constituye el distrito– que engloba un gran número de empresas.

Conviene recordar que el concepto de distrito industrial se introdujo por primera vez a finales del siglo XIX gracias a las obras del economista británico Alfred Marshall (1879, 1890). Sin embargo, no es hasta finales del siglo XX, con la aparición de los trabajos de Priore y Sabel (1990), Becattini (1988, 1992) o de Saxenian (1994) entre otros, que dicha idea cobra una importancia significativa dentro de la ciencia económica.

Según esta escuela, un distrito industrial es “una unidad socio-territorial formada por una población de empresas y una comunidad de personas, localizada en un territorio concreto” (Becattini, 1988; p. 3). Esta unidad muestra cuatro características distintivas de otras formas de producción industrial: (1) una complejidad cultural de valores, conocimientos, instituciones y comportamientos determinados; (2) una estructura productiva hecha de fábricas, trabajadores, artesanos, trabajo a domicilio y producción familiar; (3) una estructura crediticia que permite la financiación de gran número de iniciativas pequeñas; y (4) una infraestructura material calibrada según la producción de los bienes en los que el distrito está especializado (Becattini, 2000).

En definitiva, tanto la perspectiva de análisis, como las características estructurales de los distritos industriales otorgan un papel trascendental al tipo de relaciones sociales (entre empresas y entre personas) como objeto de estudio para comprender adecuadamente los procesos de desarrollo económico.

En cuanto a las aportaciones del paradigma del desarrollo endógeno, se observa que éste aúna elementos del nuevo institucionalismo económico y de los trabajos sobre distritos industriales, dando pie a un concepto de desarrollo económico entendido como un “proceso endógeno de acumulación de capital, donde resultan fundamentales, aparte del rol de la empresa y del sistema productivo, los entornos social, institucional y político” (Vázquez, 2001; p. 83).

Concretamente, esta teoría identifica cuatro factores clave en todo proceso de desarrollo económico experimentado por un territorio: (1) la creación y difusión de innovaciones, (2) la organización flexible de la producción, (3) la generación de economías de aglomeración y (4) el desarrollo de las instituciones (Vázquez, 2001). Entre estos cuatro factores existen relaciones que limitan o impulsan su impacto en el proceso de acumulación de capital y que pueden desencadenar una fase de desarrollo autosostenido en un territorio determinado (Rodríguez, 2006).

Por lo tanto, de la visión ofrecida por el paradigma del desarrollo endógeno se puede extraer, entre muchas otras, la conclusión de que las relaciones sociales desempeñan un papel muy importante en los procesos de acumulación de capital capaces de generar el desarrollo de un territorio.

Profundizando en este argumento, la teoría del capital social considera a las relaciones sociales como objeto principal de su análisis. Concretamente, argumenta que

los recursos naturales, financieros, técnicos y humanos son necesarios aunque no suficientes para analizar y comprender adecuadamente el desarrollo económico; más allá de ellos, otros factores como el capital social tienen una influencia fundamental en este proceso. Según el Banco Mundial, las otras formas de capital “determinan sólo parcialmente el proceso de crecimiento económico, porque no consideran la manera en que los actores económicos interactúan y se organizan para generar crecimiento y desarrollo. El eslabón perdido es el capital social” (Grootaert, 1998; p. 1).

Considerar al capital social como el eslabón perdido de las teorías del desarrollo es una postura más bien pretenciosa.⁷ De hecho, el mismo Banco Mundial reconoce que la fuerte correlación satisfactoriamente demostrada entre el capital humano y el desarrollo económico, aún no ha sido mostrada empíricamente para el capital social (Grootaert, 1998).

Ahora bien, aunque las teorías del capital social no hayan encontrado el eslabón perdido, sí creemos que han aportado algo de luz para la comprensión de los complejos procesos de desarrollo económico. Con el fin de ofrecer una base sólida a dicho argumento, y tras revisar detalladamente la bibliografía existente hasta la fecha, esta sección analiza las interacciones entre el capital social y el desarrollo económico.

Para ello, partiendo de una perspectiva microeconómica, se presentan los mecanismos que directamente conforman dichas interacciones, posteriormente se completa esta visión con un estudio de la influencia del capital social en el ámbito macroeconómico, así como con un análisis de los principales estudios empíricos sobre la materia. Finalmente, analizaremos otros aspectos de la relación entre capital social y desarrollo así como una visión del capital social como fin del desarrollo económico.

2.1. Aspectos microeconómicos

Si queremos analizar adecuadamente la influencia del capital social sobre el desarrollo económico sin caer en errores o confusiones, es necesario aislar la acción directa del primero sobre el segundo –separando la intervención de los subproductos del capital social y sus efectos indirectos sobre la economía– y, para ello, es conveniente

⁷ Especialmente teniendo en cuenta la falta de acuerdo respecto a la validez empírica de los estudios realizados en este ámbito.

partir del origen, naturaleza y funcionamiento de los mecanismos o procesos concretos que modelan la relación entre ambos.

El origen de dicha relación se sitúa en los llamados costes de transacción. En esta línea, varios autores concluyen que el capital social reduce los costes de transacción y, por lo tanto, desempeña una labor de eliminación de obstáculos para las operaciones económicas de forma que facilita los procesos de desarrollo económico. Empleando la terminología de Putnam, podríamos decir que el capital social, al reducir los costes de transacción, actúa como un lubricante del desarrollo económico (Putnam, 1993).

El nuevo institucionalismo económico considera que la existencia de instituciones se justifica por la presencia de los costes de transacción. El papel que desempeñan aquéllas es el de reducirlos, haciendo más eficientes las transacciones entre agentes socioeconómicos y de esta forma impulsando los procesos de desarrollo económico.

De forma muy similar, las teorías del capital social coinciden en que éste es capaz de reducir los costes de transacción, lo que mejora la eficiencia de los intercambios sociales.⁸ Esta reducción de costes de transacción tiene lugar por dos razones: (1) porque el capital social facilita la obtención y difusión de información entre agentes económicos que se interrelacionan, y (2) porque desincentiva los posibles comportamientos oportunistas y fomenta la adopción de soluciones cooperativas socialmente más eficientes.

2.1.1. Obtención y difusión de información

La falta de información adecuada –o la existencia de asimetrías en la información– lleva a los agentes económicos y sociales a la adopción de decisiones no eficientes en las transacciones, o mejor dicho, menos eficientes de las que hubieran adoptado en posesión de dicha información. Con el fin de reducir estas ineficiencias, los agentes buscan aumentar la cantidad y calidad de la información necesaria a la hora de tomar sus decisiones. Este proceso de búsqueda conlleva una serie de costes –en tiempo, esfuerzo, etc.– que el capital social es capaz de reducir.

⁸ Conviene recordar que el capital social no es el único medio capaz de facilitar la reducción de costes de transacción, ésta se puede lograr igualmente a través de las instituciones formales como el sistema legal, sistema judicial, etc. (Duraluf y Fafchamps, 2004).

En primer lugar, el capital social, en forma de adecuadas estructuras de las relaciones sociales, permite una mejor sistematización y organización de la información disponible en la sociedad haciéndola más asequible para sus miembros. Diversos estudios desde el análisis de redes sociales (Burt, 2000; Owen-Smith y Powell, 2004; Schilling y Phelps, 2007; Fleming *et al.*, 2007; Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008; Monge *et al.*, 2008) demuestran que una adecuada estructura de red favorece enormemente la difusión y el acceso a la información.⁹ La principal conclusión que se desprende de estos trabajos es que con el capital social apropiado se puede lograr que las relaciones sociales estén estructuradas de forma que los agentes socioeconómicos por un lado sepan dónde se encuentra –o sea, quién posee– la información que les interesa y por otro tengan un más fácil acceso a la misma.

Pero además, el capital social, a través de un adecuado tipo de relaciones entre actores locales, facilita enormemente la transmisión de conocimientos tácitos o no codificados así como los procesos de aprendizaje colectivo que requieren flujos de información por canales informales. Este tipo de información y procesos de aprendizaje son de vital importancia en determinados modelos de desarrollo económico local como los distritos industriales (Boschma, 2004).

2.1.2. Desincentivo a comportamientos oportunistas y fomento de la cooperación

Los comportamientos oportunistas aparecen cuando los beneficios resultantes del incumplimiento de un acuerdo o de una línea de actuación esperada son mayores que el castigo previsto. La presencia de estos comportamientos en una comunidad reduce la eficiencia de sus transacciones ya que, aunque el oportunista logre mejores resultados para sí mismo, la pérdida social es mayor que la ganancia individual. Para evitarlos, o para disminuir al menos su aparición, es necesario incurrir en una serie de costes de transacción –costes de vigilancia y aplicación de acuerdos entre las partes–. Diversos trabajos concluyen que el capital social, al desincentivar este tipo de comportamientos, logra disminuir dichos costes de transacción.

Si consideramos que la adopción de una solución cooperativa entre agentes, al conllevar mejores resultados globales, supone un empuje para el desarrollo económico,

⁹ En la Parte II de esta tesis analizaremos detalladamente las conclusiones de esos trabajos.

entonces debemos concluir que el capital social, fomentando este tipo de acuerdos y soluciones, contribuye al impulso del desarrollo.

El mecanismo concreto de actuación del capital social en este caso es el siguiente: la participación en redes genera una cierta cohesión interna que facilita la creación de un sistema de autogobierno y vigilancia mutua a través de sanciones efectivas que, a su vez, desincentiva enormemente la realización de acciones de tipo oportunista e impulsa la confianza y reciprocidad interna (Granovetter, 1985; Burt, 2000; Schilling y Phelps, 2007; Uzzi y Spiro, 2005; Cowan y Jonard, 2008; Ter Wal, 2008).

Como apuntan Callois y Angeon (2004), las interacciones sociales proporcionan información sobre los comportamientos esperados y las preferencias de los individuos; lo cual a su vez mejora el flujo de información sobre la fiabilidad de los individuos (Putnam, 1993) y, por tanto, desincentiva la aparición de comportamientos oportunistas.

En palabras de Grootaert (1998; p. 4):

El capital social no elimina la incertidumbre pero puede crear un conocimiento mutuo acerca de cómo responderán los agentes en distintas situaciones. Asimismo, puede servir como mecanismo de refuerzo para asegurar que esas expectativas se cumplen. Esto reduce los costes de transacción.

Es importante tener en cuenta que la reputación para los miembros de una red no es meramente una cuestión de buena o mala imagen. Se trata de un aspecto de vital importancia directamente relacionado con la posibilidad de mantener transacciones con los otros miembros de la red en el futuro. Una persona que se forje reputación de oportunista difícilmente podrá llevar a cabo transacciones adecuadas con el resto de los miembros de la red en el futuro.

Por otro lado, como señalan Duraluf y Fafchamps (2004), el capital social fomenta la identificación con el grupo; y con ello es capaz de alterar los incentivos individuales desplazando las preferencias de forma que un sistema social de múltiples equilibrios individuales se vaya convirtiendo en otro con un equilibrio superior; es decir, aquél en el que coinciden las –a priori distintas– preferencias individuales; o sea, aquél en el que se adoptan soluciones cooperativas.

Pero más allá de las preferencias individuales, el capital social, por medio de una adecuada estructura de relaciones sociales, contribuye a mejorar la eficiencia a la hora de afrontar conflictos y poner en práctica estas soluciones comunes (Callois y Angeon, 2004); lo cual, a su vez facilita e incentiva –al hacerlas más realizables, y por tanto más atractivas– la apuesta por opciones cooperativas.

Otra forma de promover la coordinación y cooperación por parte del capital social es a través del tipo de relaciones o conexiones entre los miembros de una red. Cuando éstas se basan en la confianza, los individuos no esperan que los otros se comporten de forma oportunista y por tanto, consideran que tienen menos riesgo de ser engañados al adoptar una solución cooperativa, lo cual, lógicamente incentiva la adopción de comportamientos colaborativos.

A este respecto, La Porta *et al.* (1996) señalan que la confianza promueve la cooperación tanto por medio de repetidos juegos del dilema del prisionero capaces de generar confianza en la población y, consecuentemente, de potenciar soluciones cooperativas; como en situaciones de un solo juego –sin expectativas de repetición en el tiempo–, donde la confianza, más indirectamente, promueve la solución cooperativa.

Finalmente, Putnam añade a la influencia del capital social sobre los comportamientos colaborativos en la actualidad, una posible influencia del mismo sobre dichos comportamientos en el futuro. Según este autor, aparte de que las redes horizontales ayudan a resolver los dilemas de acción colectiva, las redes de compromiso cívico de alguna forma encarnan éxitos anteriores logrados a través de la colaboración que pueden servir como base cultural para futuros comportamientos en esta línea (Putnam, 1993).

En conclusión, gracias a las interacciones repetidas entre los agentes sociales y a una adecuada estructura de relaciones sociales, el capital social permite un sistema informal de sanciones y facilitar la identificación con el grupo y la confianza mutua. Estos factores desincentivan los comportamientos oportunistas y potencian la cooperación entre agentes, lo que reduce los costes de transacción, impulsando el desarrollo económico.

2.1.3. Influencias negativas del capital social en el desarrollo

Algunos autores consideran que, de igual forma que el capital social interviene favoreciendo el proceso de desarrollo económico, diferentes facetas del mismo pueden frenar dicho proceso. En esta línea, Beugelsdijk y Smulders (2002), en su estudio sobre el capital social vinculante y el capital social que tiende puentes, elaboran un modelo microeconómico que correlaciona ambos tipos de capital social con el crecimiento económico, concluyendo que al igual que la participación en redes implica una disminución de comportamientos oportunistas (potenciando así el desarrollo), también supone un consumo de tiempo que, de otra forma, podría ser dedicado al aprendizaje o directamente a la producción, por lo que en cierto modo está negativamente relacionado con el crecimiento económico.

Igualmente, Trigilia (2001) señala que las redes de relaciones presentan dos aspectos negativos sobre el desarrollo económico: por un lado pueden convertirse en un instrumento para eludir la competencia, reduciendo de esta forma la eficiencia de los agentes económicos; y por otro son capaces de ejercer un fuerte control sobre el comportamiento de los individuos hasta el punto de desincentivar los procesos de innovación.

De forma similar, Fukuyama (2003) considera que, si bien las redes sociales férreamente unidas propician en algunos aspectos el crecimiento y buen funcionamiento económico, especialmente a través de la difusión de información, por otro lado pueden desincentivar las innovaciones tecnológicas al tratarse de aspectos del capital social “demasiado aislacionistas o resistentes al cambio” (Fukuyama, 2003; p. 45).

En cualquier caso al igual que las otras formas de capital, que, a pesar de ser básicas para los procesos de desarrollo económico, en algunas ocasiones pueden obstruir o ralentizar dichos procesos, parece razonable pensar –y así consideran tanto Beugelsdijk y Smulders como Trigilia– que algo similar sucede con el capital social.

En resumen, y antes de pasar a analizar los aspectos macroeconómicos, el conjunto de efectos directos –tanto positivos como negativos– del capital social sobre el desarrollo económico se puede sintetizar en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.2: Efectos del capital social

Efectos positivos	Efectos negativos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtención y difusión de información <ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite la sistematización y organización de información disponible ▪ Fomenta conocimientos tácitos no codificados y aprendizaje colectivo 2. Desincentivo al oportunismo e impulso para la cooperación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporciona un sistema informal de sanciones ▪ Dirige las preferencias individuales hacia objetivos comunes ▪ Aumenta la eficiencia en la puesta en práctica de soluciones cooperativas ▪ Disminuye el riesgo de engaño ▪ Supone un ejemplo para futuros comportamientos cooperativos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo de tiempo 2. Redes como forma de elusión de competencia 3. Control de las redes sobre el individuo como desincentivo a la innovación

Fuente: elaboración propia.

2.2. Aspectos macroeconómicos

Llegados a este punto conviene completar el análisis anterior considerando la acción del capital social desde un punto de vista macroeconómico. Esta perspectiva resulta interesante al entrar en juego una serie de factores institucionales y políticos, muy relacionados con el capital social, no tenidos en cuenta en el análisis previo.

A priori, para medir el impacto del capital social en los rendimientos macroeconómicos se pueden llevar a cabo dos estrategias: (1) estudiarlo de forma indirecta y (2) estudiarlo de forma directa (Grootaert, 1998).

2.2.1. Análisis indirecto o residual

La idea de este método es la siguiente: se parte elaborando un modelo de la función de producción de una economía que explique el crecimiento del PIB como función de los factores trabajo, capital y tecnología. Una vez contabilizados el capital físico y natural, se obtendría un residuo que incluiría tanto al capital humano como al

social. Estimando el rol del capital humano, se podría obtener la influencia del capital social.

Ésta técnica de alguna forma nos recuerda a la denominación de capital social ofrecida por el Banco Mundial como *missing link* o eslabón perdido del desarrollo: su cálculo se realiza atribuyendo al capital social la parte del desarrollo que el resto de los factores no logra explicar sin considerar, por ejemplo, que quizá existan otros factores no tenidos en cuenta.

Más detalladamente, la técnica indirecta o residual de evaluar la relación entre el capital social –entendido como redes interpersonales– y el desarrollo económico se podría llevar a cabo de la siguiente forma (Dasgupta, 2002):

Si el producto interior bruto de una economía viene determinado por la función:

$$Y = A \cdot F(K, H)$$

donde:

A es el factor de escala de la función de producción, entendido como conocimientos compartidos públicamente y capacidades institucionales;

F es la función de producción dependiente de K y H ;

K es el stock de capital físico; y

H el stock de capital humano;

un aumento en la cooperación cívica de la comunidad –es decir, una mejora del capital social por una mayor eficiencia de las redes interpersonales– conllevará un desplazamiento de la economía hacia un mejor equilibrio productivo y, consecuentemente, un mayor nivel de desarrollo económico.

A pesar de que la identificación de los efectos positivos generados por las redes interpersonales en los rendimientos macroeconómicos es una tarea enormemente difícil –Durlauf considera que estos efectos se dan en forma de externalidades positivas–, el origen de este crecimiento se podría encontrar:

1. En un incremento de H : cuando es posible localizar las externalidades en un mayor valor de los contactos de los trabajadores, y por tanto, en un aumento del rendimiento del capital humano. En este caso, el capital social se considera como bien privado en posesión de los trabajadores.

2. En un mayor valor de A : en el caso de que las externalidades se reflejen en los conocimientos compartidos o las capacidades institucionales. En este caso, el capital social es un bien público capaz de mejorar la productividad de todos los factores productivos.
3. O en un incremento de ambos H y A .

En resumen, por medio de la función de producción, la influencia del capital social en los resultados macroeconómicos se puede observar como un aumento: (1) de uno de los factores de producción –cuando ésta se localiza en el factor H –, (2) como un incremento en la productividad de los factores –cuando lo hace en A –, o (3) como una mejora de ambos.

Dicho en palabras de Grootaert (1998; pp. 8 y 9):

El proceso de crecimiento económico requiere la combinación de distintos tipos de capital. El capital social es uno de ellos, pero tiene una característica que lo diferencia del resto: puede mejorar la eficiencia de la combinación de los otros capitales. Es decir, el capital social no es sólo un *input* en la función de producción, sino un factor de cambio (o exponente) de dicha función.

2.2.2. Análisis directo

Respecto a la estimación del impacto del capital social directamente en los rendimientos macroeconómicos, los trabajos empíricos realizados en esta línea, generalmente se centran en dimensiones más reducidas del capital social y emplean, para su medición, no tanto indicadores de las redes sociales, sino indicadores de la confianza entre la población o del grado de asociacionismo; lo cual, en nuestra opinión, reduce significativamente la visión de los verdaderos efectos del capital social sobre el desarrollo.

No obstante, consideramos que de estos estudios se pueden extraer importantes conclusiones y por tanto, creemos conveniente presentar sus ideas principales.

Knack y Keefer (1997) realizan un análisis para 29 países en el que correlacionan el crecimiento económico en términos de incremento del PIB *per capita* y lo que consideran como dos dimensiones, y por tanto indicadores, del capital social: (1)

la confianza, medida como porcentaje de personas que considera que se puede confiar en la gente, y (2) las normas de cooperación cívica.¹⁰

De este trabajo los autores extraen tres conclusiones principales: en primer lugar, que existe una elevada correlación entre las medidas empleadas de capital social – confianza y cooperación cívica– y la de desarrollo económico; en segundo, que, a diferencia de los resultados del trabajo de Putnam (1993) sobre las regiones italianas, el asociacionismo no está correlacionado con el rendimiento económico; y finalmente, que la confianza y la cooperación cívica son mayores en países donde las instituciones formales protegen de forma efectiva los derechos de propiedad y el cumplimiento de los contratos, así como donde existe una menor polarización social en función de clases y etnias.

Temple y Johnson (1998) consideran que las predicciones de crecimiento realizadas a principios de los años sesenta para una serie de países en desarrollo fallaron al no tener en cuenta sus capacidades sociales. Utilizando el índice Adelman-Morris elaborado a mediados de los sesenta para medir una serie de aspectos sociológicos en 74 países diferentes, los autores concluyen que dicho índice hubiera sido un buen instrumento de previsión del crecimiento futuro.¹¹

Igualmente, de este trabajo se puede extraer una demostración empírica de que los aspectos sociológicos influyen en el desarrollo económico de dos formas: (1) a través de la acumulación de factores de producción, al determinar el ratio de fertilidad – lo que en definitiva determina el capital humano– y el nivel de inversiones en capitales humano y físico; y por otro (2) por medio de un efecto sobre la productividad de los factores, al influir en la calidad de las inversiones, en la eficiencia técnica, o en la habilidad de los países para asimilar tecnología extranjera.¹²

En su trabajo sobre las regiones italianas, Helliwell y Putnam (2000) correlacionan el crecimiento económico medido como incremento del PIB *per capita*

¹⁰ Para ello, como veremos en la Parte II, emplean los resultados de la Encuesta Mundial de Valores (EMV).

¹¹ Con este fin, Temple y Johnson descomponen este índice en cinco indicadores: KINSHIP, que mide el carácter de la organización social a través de estructuras de poder, familia, clanes, etc.; OUTLOOK, que se centra en la participación social y política; COMMS que se fija en los medios de comunicación a través de la circulación de periódicos y emisoras de radio; MOBILITY, que trata de la movilidad social entre clases; y MIDCLASS, que mide la importancia de la clase media indígena en la sociedad.

¹² Según los autores, los cinco indicadores en los que se descompone el índice Adelman-Morris explican el crecimiento por su influencia en la acumulación de factores. Además, el índice COMMS lo explica igualmente a través de su efecto sobre la productividad.

con una medida del capital social que emplea: (1) medidas de comunidad cívica – índices de asociaciones, lectura de periódicos y comportamientos políticos–, (2) medidas de rendimiento institucional, y (3) medidas de satisfacción ciudadana con el gobierno. Concluyen que se produce un mayor desarrollo económico en aquellas regiones que presentan niveles más altos de capital social.

Por último, para analizar la influencia de la confianza sobre el desarrollo, La Porta *et al.* (1996) relacionan los niveles de confianza de la población con diferentes medidas de eficiencia de gobierno como el nivel de corrupción; de participación política y asociaciones; y de “eficiencia social”, que hace referencia a la calidad de las infraestructuras, la mortalidad infantil o el nivel de educación.

Los resultados empíricos muestran una relación estadísticamente significativa entre confianza y (1) rendimiento institucional, corrupción y calidad burocrática; (2) participación en actividades cívicas; (3) peso de las grandes empresas en la economía;¹³ (4) número de graduados medios; (5) inflación –a mayor confianza, menor inflación–; y (6) nivel de PNB *per capita*. Del mismo modo, La Porta *et al.* apuntan que existe una relación entre la presencia de una religión jerárquica –como la católica o la musulmana– y la confianza; es decir, desconfianza y religión jerárquica reflejan algún factor existente en la sociedad que va en detrimento del rendimiento institucional.

Llegados a este punto, podemos concluir que, si bien parece existir una importante relación entre el capital social y el desarrollo económico, la forma en la que ésta se lleva a cabo presenta una mayor diversidad de matices y un menor consenso académico cuando se observa desde una perspectiva macroeconómica. En nuestra opinión, la causa de esto último puede radicar en la no existencia de una adecuada medida del capital social para una óptica macro. Una medida, en definitiva, capaz de cubrir los aspectos más importantes de lo que se considera como capital social.

En los siguientes apartados presentaremos la perspectiva o ámbito de estudio que consideramos más adecuadas para analizar el capital social así como la medida del mismo para dicho ámbito de estudio; pero antes, debemos detenernos en una serie de aspectos de la relación entre el capital social y el desarrollo no contemplados hasta ahora.

¹³ Confirmando la hipótesis de Fukuyama (1995) que considera que la confianza facilita las actividades a gran escala.

2.3. Otros aspectos de la relación entre capital social y desarrollo

Este apartado analiza, en primer lugar, los casos en los que el capital social influye en mayor medida sobre el desarrollo económico; posteriormente, presenta algunas consideraciones acerca de la relación entre capital social y equidad distributiva; finalmente, se describen algunas formas a través de las cuales los procesos de desarrollo influyen sobre el capital social.

2.3.1. ¿Cuándo influye más el capital social sobre el desarrollo económico?

Desde diversos ámbitos de estudio, diferentes trabajos analizan una serie de condiciones bajo las cuales el papel del capital social en el desarrollo económico cobra una mayor trascendencia; es decir, abordan la cuestión de cuándo influye más el capital social sobre el desarrollo.

Inicialmente cabe plantearse si existe una mayor o menor influencia del capital social en función del nivel de desarrollo previo. A este respecto, los estudios de Knack y Keefer (1997) y de La Porta *et al.* (1996), presentan evidencias empíricas que demuestran cómo los efectos de la confianza –empleada como medida del capital social– son mayores en países con menos renta. En esta línea, Durlauf y Fafchamps señalan que la influencia del capital social en el desarrollo económico se hace menos clara en sociedades más avanzadas;¹⁴ y basándose en las ideas de North, concluyen que (Durlauf y Fafchamps, 2004; p. 12):

[...] los clubes y las redes son importantes en niveles intermedios de desarrollo. Su función es la de ampliar el abanico de posibilidades y acelerar los intercambios sociales más allá de los límites de la confianza interpersonal. Sin embargo, una vez que se ha logrado un determinado nivel de confianza generalizada, los clubes y las redes dejan de ser necesarios.

Más allá de este aspecto, y atendiendo a las conclusiones obtenidas por el trabajo de Guiso *et al.* (2001), se podrían señalar otras dos condiciones bajo las cuales el rol del

¹⁴ A este respecto, los autores comentan que, según los trabajos de Putnam acerca de la sociedad norteamericana (Putnam, 2002), si bien en ella se ha producido una disminución del capital social, aún no existe un reflejo claro de este deterioro en su economía.

capital social es especialmente importante en el desarrollo: en primer lugar, en situaciones de debilidad del marco legal e institucional, al asumir en cierta forma labores que pueden ser desempeñadas por dicho marco; y en segundo, en aquellos casos en los que el nivel educativo es menor, ya que conlleva una mayor dependencia de las relaciones de confianza a la hora de llevar a cabo transacciones económicas.

En resumen, si el capital social parece jugar un papel más trascendente cuando los niveles de renta y educación son más bajos y cuando el sistema legal e institucional es más débil –condiciones que se dan en los países subdesarrollados–, podemos afirmar que el rol del capital social en este tipo de países es de especial importancia.

2.3.2. Capital social y desigualdad

La relación entre capital social y equidad distributiva es un aspecto tan controvertido como escasamente tratado hasta la actualidad. Si bien en un primer momento parece razonable pensar que esta forma de capital –que se encuentra al alcance incluso de comunidades con grandes carencias en otras formas de capital– contribuye a una distribución más equitativa de la renta, en un análisis más en profundidad de su naturaleza y efectos, nos encontramos con aspectos del mismo que entorpecen o dificultan una distribución equitativa de la renta entre la población.

Como se ha presentado en el primer capítulo, Bourdieu (1986) argumenta que existe una relación entre la liquidez del capital, y la facilidad de mantenimiento de diferencias sociales. Según este razonamiento, el capital social, al ser menos convertible –por tener un mayor coste de convertibilidad en capital económico–, por un lado se deriva de desigualdades y exclusiones sociales anteriores a su formación y por otro favorece el mantenimiento de estas desigualdades. En otras palabras, el capital social dificulta la equidad distributiva.

En esta línea, Durlauf y Fafchamps (2004) argumentan que el capital social en forma de redes y asociaciones de personas tiene consecuencias directas en la distribución de la renta. Según estos autores, en la medida en que dichas formas de capital social engloban únicamente a los agentes sociales que forman parte de las mismas, dirigen la distribución de la renta hacia estos agentes, perjudicando a aquellos que se encuentran fuera de ellas. En palabras de Dasgupta (2002; p. 28):

Las redes son personales. Sus miembros tienen nombre, personalidad y atributos específicos. Las redes son excluyentes, no incluyentes; si no fueran así, no serían redes.

Más aún, según Valladao (2000) el capital social puede considerarse como una forma de poder capaz, entre otras cosas, de potenciar las diferencias entre clases sociales, favoreciendo a aquellas que disponen de él en mayor medida.

En conclusión: debido a su difícil convertibilidad en otras formas de capital –lo que entorpece la movilidad del mismo entre los agentes socioeconómicos– y al carácter excluyente de algunas de sus formas, el capital social puede ser una fuente de inequidad distributiva y de diferenciación social.

2.3.3. Influencia del desarrollo en el capital social

Por último, resulta interesante incluir algunas consideraciones sobre las formas en las que los procesos de desarrollo pueden influir en el capital social.

En su trabajo *Social Capital and Growth*, Routledge y Von Amberg (2002) elaboran un modelo microeconómico en el que el capital social impulsa el desarrollo económico a través de incrementos en el número de acuerdos cooperativos; sin embargo, al mismo tiempo asumen que la innovación tecnológica que favorece el crecimiento conlleva un proceso de recolocación de los recursos humanos que implica una serie de cambios en la estructura social, afectando en última instancia y de forma negativa al capital social.

Esta influencia negativa se debe al hecho de que la mayor movilidad de los trabajadores, impulsada por el cambio tecnológico, implica una progresiva disminución en los contactos entre los miembros de la comunidad que a la postre desemboca en un deterioro del capital social. Por ello, y de forma similar a Miguel (2002), los autores concluyen que las políticas capaces de restringir la movilidad laboral pueden mantener e incluso incrementar los niveles de capital social a expensas de una más eficiente distribución geográfica de los recursos humanos. En esta medida, el papel de la administración pública respecto a la creación y mantenimiento de capital social es fundamental.

De esta idea, Routledge y Von Amberg extraen igualmente una importante consideración sobre los países subdesarrollados: según los autores, la emigración a gran

escala que muchos de ellos suelen experimentar es capaz de lastrar enormemente su capital social, por lo que resulta necesario ofrecer alternativas o promover políticas de mantenimiento del mismo.

Finalmente, frente a la idea presentada por diferentes estudios empíricos que muestran cómo el capital social está inversamente relacionado con las diferencias étnicas,¹⁵ Valladao (2000) apunta que los procesos de desarrollo económico conllevan una pérdida de capital social en una región debido a que, con ellos, se produce la llegada del mestizaje y la apertura cultural.

Concluyendo, parece inevitable que el proceso de desarrollo experimentado en un determinado lugar provoque una serie de cambios en su estructura socioeconómica y, por ende, en su capital social. Si este último no se renueva –y aquí el papel desempeñado por las autoridades públicas puede ser fundamental–, compensando las inevitables rupturas en las relaciones entre los miembros de la comunidad con el buen uso de las oportunidades que dichos cambios le ofrezcan, tenderá progresivamente a deteriorarse.

2.4. El capital social como fin del desarrollo

Como se ha visto hasta el momento, un análisis detallado sobre la relación entre el capital social y el desarrollo económico implica, por la naturaleza de dicha relación, un estudio de la misma desde diferentes puntos de vista. Aparte de los presentados hasta ahora, y a modo de conclusión, resulta interesante observar al capital social no sólo como instrumento sino también como fin último del desarrollo económico.

Si bien las relaciones sociales –en este caso se entenderían como recursos o bienes de inversión– pueden ayudar a una mejor consecución de los objetivos económicos; al mismo tiempo parece evidente que, en sí mismas, pueden proporcionar satisfacción a los individuos. Es decir, las relaciones sociales también pueden ser vistas como bienes de consumo. Dasgupta expresa esta idea de la siguiente forma (2002; p. 22):

En ocasiones, el tiempo empleado [en las relaciones sociales] no supone un coste ya que la acción de crear un canal puede, por sí misma, aportar satisfacción al individuo. Tener una cita,

¹⁵ Véase Knack y Keefer (1997).

compartir una comida, expresar los sentimientos o realizar confidencias a otra persona son acciones que cubren profundas necesidades.

Por ello, el tiempo y los esfuerzos dedicados a las mismas no deben ser contemplados estrictamente como un sacrificio presente para obtener un beneficio futuro –como se contemplan las inversiones tradicionales–; sino además como un consumo que reporta utilidad. En otras palabras: el capital social no sólo es un medio para lograr el desarrollo, también es un fin en sí mismo (Rist, 2000).

En esta línea, Narayan y Pritchett (2000) hablan de las direcciones en la relación entre capital social y desarrollo concluyendo que, si consideramos al capital social como bien de consumo, se podría observar la relación opuesta, es decir: el desarrollo económico es el medio para lograr capital social.

Más allá de que la relación exista o no en ambos sentidos, parece evidente que el capital social, aparte de contribuir al proceso de desarrollo económico, también supone una fuente de bienestar para los individuos. Por ello, si el desarrollo puede conllevar una destrucción del mismo, resulta necesario tratar de evitar dicha destrucción, ya que su pérdida implicaría no sólo un deterioro en los medios para lograr el desarrollo futuro, sino también un deterioro en el nivel de desarrollo actual.

Parte II

Aspectos metodológicos

Resumen:

En esta segunda parte de la tesis se describen las herramientas necesarias para analizar empíricamente el capital social. Con este fin, primero se presentan las principales técnicas de medición empleadas en las investigaciones realizadas hasta la fecha; a continuación se explican cuáles son los aspectos del capital social que se deben medir y las formas más adecuadas de hacerlo; posteriormente se estudian en detalle las técnicas de análisis de redes sociales y su aplicación al estudio del capital social; finalmente se exponen los indicadores que se emplearán en el estudio empírico.

1. Introducción

La medición del capital social –tarea casi imprescindible para aplicar este concepto a la ciencia económica– ha abierto un amplio debate sobre sus limitaciones y dificultades. El desacuerdo existente en la definición del término (véase la Parte I), se agudiza considerablemente cuando se trata de presentar una herramienta adecuada para su estudio empírico. A este respecto, algunos autores consideran que las diferencias a la hora de medirlo suponen una de las mayores debilidades de la teoría del capital social (Fukuyama, 1999).

Dadas las particulares características del capital social, existen desacuerdos tanto en lo que respecta a los aspectos del mismo susceptibles de ser analizados en un estudio empírico, como en la perspectiva de estudio más adecuada (individual o colectiva), o los indicadores y las técnicas de medición más apropiadas. No obstante, estas discrepancias y dificultades no deben impedir avanzar en este ámbito. En palabras de Solow: “para que el capital social sea más que una moda, se le requiere algo más que mera relevancia o importancia [...] el capital social debe ser medible, aunque sea de forma inexacta” (Solow, 1995: p. 36).

Las tareas de medición han supuesto una gran contribución para la teoría del capital social, poniendo de manifiesto –y en algunos casos superando– sus carencias en los aspectos teóricos, dando pautas para su delimitación conceptual y ofreciendo recomendaciones para su aplicación práctica. Este debate ha contribuido enormemente, por ejemplo, a distinguir los determinantes o causas del capital social, de las dimensiones o elementos que lo componen y de los efectos o subproductos del mismo.

En definitiva, la medición del capital social resulta un trabajo positivo para la ciencia económica al permitir analizar de forma detallada y en términos cuantitativos sus diversos aspectos; comparar unidades territoriales atendiendo a su nivel de capital social; y establecer correlaciones entre éste y una serie de indicadores socioeconómicos.

En el presente apartado se describen, desde una perspectiva crítica, las diferentes técnicas de medición del capital social empleadas hasta la fecha y se aclaran los aspectos metodológicos del estudio empírico que se llevará a cabo en esta tesis.

1.1. ¿Qué debemos medir?

Como se ha visto en el capítulo primero, el problema de la ambigüedad que muestran las definiciones del término capital social hace que en la mayor parte de trabajos empíricos no exista una relación clara, directa y unánime entre los aspectos teóricos del mismo y sus técnicas de medición. Por ello, éste es el asunto que más críticas ha suscitado.

Partiendo de los mencionados problemas de definición, se puede argumentar que, si el capital social no está bien definido, es imposible su correcta medición (Durlauf, 2002b; Durlauf y Fafchamps, 2004; Sabatini, 2006). Además, como señala Sabatini (2006), la mayor parte de los trabajos empíricos emplean indicadores indirectos (ratios de criminalidad, donación de sangre, niveles educativos, etc.) que no representan lo que el capital social realmente es y caen en el error de identificarlo con lo que éste produce.

Estas circunstancias provocan una gran confusión entre los determinantes, las dimensiones y los productos del capital social. Separar estos tres aspectos resulta imprescindible para reconocer la faceta multidimensional del concepto, así como para entenderlo correctamente como recurso de la acción. Sólo de esta forma se puede distinguir entre el capital social en sí mismo, sus causas y sus consecuencias y así hacer más efectivas las políticas relacionadas con el mismo al poder actuar directamente sobre sus dimensiones, evitando acciones innecesarias sobre otros aspectos (Stone, 2001; Narayan y Cassidy, 2001).

Lo que se trata de medir, en definitiva, cuando se quiere analizar el capital social no son ni sus determinantes ni mucho menos sus productos, sino sus dimensiones o componentes. En este sentido, y siguiendo el razonamiento presentado anteriormente, los componentes del capital social, y por tanto los aspectos del mismo que tendremos que estudiar, son:

1. Componente estructural: formado por la estructura o forma de las redes de relaciones sociales.
2. Componente institucional: determinado por el tipo de relaciones o normas que rigen las uniones entre los agentes.

Sin olvidar que ambos están íntimamente relacionados y que se condicionan mutuamente, a la hora de estudiar empíricamente al capital social habrá que determinar en definitiva qué características estructurales distinguen una determinada red de relaciones sociales y, posteriormente, qué normas rigen los vínculos de unión entre los agentes pertenecientes a esa red. Este doble análisis nos podrá ofrecer un perfil adecuado del capital social de una comunidad.

1.2. ¿Cómo debemos medirlo?

Una vez aclarado qué es lo que queremos medir, conviene precisar algunos aspectos básicos acerca de cómo hay que llevar a cabo esa medición. Concretamente: (1) qué ámbito de estudio se debe emplear y (2) qué técnicas de obtención y análisis de información son las más indicadas para realizar una investigación empírica sobre el capital social.

1.2.1. Ámbito de estudio

Respecto al ámbito de estudio, ya en la Parte I apuntamos cómo algunos autores opinan que se puede analizar al capital social partiendo de una perspectiva individual, entendiéndolo como la cantidad de recursos presentes en las relaciones sociales de una persona (Grootaert, 1998; Paldam, 2000; Burt, 2000; Lin, 2005).

Si bien no consideramos incorrecta la perspectiva individual, para la investigación que nos proponemos llevar a cabo, nos parece más adecuado proceder en la línea de otros trabajos (Putnam, 1993; Coleman, 1990; Stolle y Rochon, 1998) utilizando como unidad de análisis a una comunidad de individuos. De esta forma creemos que se pueden tener en cuenta todas las dimensiones del capital social en su relación con el desarrollo económico.

La explicación es la siguiente: si entendemos el capital social como el conjunto de recursos presentes en las relaciones sociales, en un análisis desde una perspectiva individual se observarían únicamente y por separado los recursos sociales de un solo individuo. En caso de que posteriormente se quieran sacar conclusiones para un conjunto de individuos –lo cual resulta indispensable cuando se estudia el desarrollo económico–, los diferentes capitales sociales individuales se deberían agregar

obteniendo la dotación de capital social de una comunidad. En esta agregación hay una pérdida de información acerca del capital social. Podríamos decir que hay algo en la comunidad que no está en la suma de los individuos.

En definitiva, extrapolar los resultados individuales a una perspectiva comunitaria no puede realizarse mediante la agregación del capital social individual ya que, como apuntan Portes y Landolt (1996), la agregación del capital social individual presenta un resultado conceptualmente diferente al del capital social colectivo. Por lo tanto, la medición del capital social de una comunidad ha de hacerse directamente a escala colectiva, observando la totalidad de la misma (Stolle y Rochon, 1998).

Consecuentemente, la unidad de análisis que emplearemos en el presente trabajo para analizar el capital social no será la individual, sino la colectiva. Ahora bien, ¿dónde debemos fijar los límites de un colectivo de individuos? O, dicho de otra forma, ¿qué colectivo de individuos resulta más adecuado analizar cuando se trata de estudiar el capital social en relación con el desarrollo económico?

Pues bien, si se quieren observar los recursos presentes en las relaciones sociales, es necesario tener en cuenta que tales relaciones se pueden dar en muy diferentes ámbitos –familiar, vecinal, empresarial, local, nacional, etc.– que presentan innumerables dimensiones según el número de agentes relacionados, el motivo de unión entre ellos, el tipo de vínculos o conexiones y un largo etcétera.

La enorme complejidad del mapa de relaciones sociales en su totalidad imposibilita un estudio global de las mismas, por lo que resulta necesario seleccionar el ámbito comunitario más adecuado para nuestro análisis. Considerando que el interés de este trabajo radica en la relación entre el capital social y el desarrollo económico, hemos decidido centrarnos en los ámbitos regional y local ya que en ellos se dan la mayor parte de las relaciones sociales necesarias para desempeñar la actividad económica.

El ámbito local, sin llegar a ser tan reducido como el familiar o el vecinal, permite analizar las relaciones de cercanía, las que generan mayor interacción entre agentes: las relaciones cara a cara. En ellas, se encuentran los recursos que más y mejor contribuyen al logro de objetivos comunes (Dei Ottati, 1995).

En entornos superiores como el nacional o el internacional, este tipo de relaciones se dan con mucha menor intensidad, se difuminan y finalmente se acaban perdiendo. En opinión de Boschma (2004), el capital social se desarrolla mejor en

ámbitos inferiores al nacional; de hecho, son redes de ámbito local las que coordinan las acciones de los agentes y generan un mejor rendimiento económico. En esta línea, diversos estudios empíricos sobre la influencia de las redes sociales en el desarrollo económico argumentan que dichas redes son eminentemente locales y, por tanto, que la medida relevante para su análisis ha de tener una perspectiva local (Birke, 2008). En su célebre trabajo *Growth in Cities*, Glaeser *et al.* (1992) hacen referencia a la capacidad de estas redes locales de difundir información, con los consiguientes efectos positivos sobre el desarrollo económico. En palabras de los autores (Glaeser *et al.*, 1992: p. 1127):

Si la proximidad geográfica facilita la transmisión de ideas, entonces debemos esperar que la difusión del conocimiento sea particularmente importante en las ciudades. Después de todo, las nuevas ideas atraviesan más fácilmente pasillos y calles que océanos y continentes.

Ahora bien, aparte del local, existe otro ámbito donde también acontecen relaciones sociales básicas para desempeñar la actividad económica: el ámbito empresarial. Sin embargo, en nuestra opinión, éste ofrece una visión más reducida para estudiar el desarrollo económico que el entorno local. Como señala Vázquez (1999), lo determinante para el desarrollo económico no es la dimensión de las empresas sino la formación de sistemas de empresas, de redes de empresas, que permitan obtener economías de escala y de alcance y reducir los costes de transacción. Dicho de otra forma, las empresas no compiten aisladamente, sino que lo hacen juntamente con el entorno productivo e institucional del que forman parte (Vázquez, 2001), por lo que una perspectiva empresarial sería demasiado reducida para nuestro análisis.

En conclusión, la unidad de análisis o ámbito de estudio que emplearemos en este trabajo no será el individuo, la empresa o la industria considerados todos de forma más aislada, ni las naciones desde una perspectiva más amplia, sino la localidad como ámbito intermedio para comprender la influencia del capital social en el desarrollo económico.

1.2.2. Técnicas de obtención y análisis de la información

Los primeros autores que desarrollaron una herramienta de medición del capital social fueron Putnam, Leonardi y Nanetti dentro de su trabajo *Making Democracy Work*

(Putnam *et al.*, 1993). En su análisis sobre la sociedad y economía italianas, elaboraron un indicador del capital social empleando para ello un conjunto de datos relacionados con: (1) índices de lectura de periódicos, (2) nivel de participación electoral, y (3) participación de la población en organizaciones voluntarias.

Aunque la metodología empleada ha sido muchas veces criticada en la literatura posterior, el éxito logrado por este libro –que llegó a ser el trabajo de ciencias sociales más citado en la década de los noventa (Fine, 2001)– se debió en gran parte a que consiguió ofrecer una forma sencilla y manejable de medir empíricamente el capital social, cosa que hasta entonces nadie había alcanzado. Esto amplió enormemente las posibilidades de estudio de la materia: ya no había por qué ceñirse a los análisis exclusivamente teóricos acerca del capital social, por primera vez se podían llevar a cabo múltiples aplicaciones prácticas.

En consecuencia, sobre las bases sentadas por el trabajo de Putnam *et al.*, a partir de mediados de los años noventa comenzaron a surgir múltiples estudios empíricos acerca del capital social que, ofreciendo una medida del mismo, trataban de analizar sus resultados o influencias en distintos ámbitos sociales y económicos. La metodología empleada por esta nueva oleada de trabajos englobó desde los análisis con una perspectiva individual del capital social (Krishna y Uphoff, 1999; Narayan y Pritchett, 2000; Grootaert, 2000; Guiso *et al.*, 2000) hasta una visión agregada del mismo (LaPorta *et al.*, 1996; Knack y Keefer, 1997; Zak y Knack, 2001).

En cuanto a las fuentes para la elaboración de indicadores del capital social (véase Cuadro 2.1) se emplearon tanto fuentes primarias de información –especialmente encuestas en las que se trata de medir la participación en asociaciones y grupos, los niveles de confianza de la población o la cooperación entre ciudadanos–, como fuentes secundarias –medidas basadas en información disponible y directamente observable como, por ejemplo, los niveles de participación electoral, datos de donación de sangre o datos de criminalidad–. Recientemente, estas fuentes se han ampliado con los resultados extraídos de experimentos económicos basados en la teoría de juegos que aportan información cuantitativa acerca de las normas que rigen las relaciones entre agentes.

Cuadro 2.1: Fuentes para la medición del capital social

Fuentes de información primaria (información extraída de las encuestas):

- Datos relacionados con la participación en asociaciones y grupos:
 - Número de miembros de asociaciones.
 - Homogeneidad de los miembros.
 - Implicación de los miembros en las actividades de la organización.
 - Número de reuniones.
 - Participación en la toma de decisiones.
 - Contribución económica a las asociaciones.
 - Tiempo dedicado a las asociaciones.
 - Ideología de las asociaciones.
- Acción colectiva de la población.
- Participación electoral.
- Medidas de cultura política y polarización ideológica.
- Índices de satisfacción con el gobierno.
- Uso de contactos en redes sociales para logro de objetivos individuales.
- Índices de cooperación cívica (preguntas sobre fraude fiscal).
- Medidas de la confianza:
 - Confianza entre las personas, confianza en instituciones.
 - Ausencia de comportamientos hostiles en los negocios.
- Estructuras y valores familiares.
- Interacción entre padres e hijos, entre padres y colegios, entre padres y amigos de los hijos.
- Número de veces que los estudiantes cambian de colegio.

Fuentes información secundaria:

- Datos sobre el nivel educativo de la población.
- Índices de lectura de periódicos.
- Datos sobre donación de sangre.
- Datos de criminalidad.
- Tamaño de la población en distintas ciudades.
- Datos relacionados con las diferencias de género.
- Homogeneidad de la población: de lugar de nacimiento; diferencias económicas, religiosas y étnicas.

Fuente: elaboración propia según datos de Durlauf y Fafchamps (2004).

1. Las encuestas

La encuesta ha sido el método más empleado hasta ahora para la medición del capital social. En esta línea, muchos estudios utilizan preguntas extraídas de la Encuesta Mundial de Valores (EMV) que cubren diferentes aspectos del capital social.

Entre ellos, destaca el trabajo realizado por Knack y Keefer (1997) que mide el capital social y su influencia en el desarrollo económico de 29 países diferentes. Para ello, los autores elaboran, basándose en resultados de la EMV, dos indicadores del capital social: uno que mide la confianza y otro que se centra en las normas de comportamiento cívico. Posteriormente, correlacionan estas dos medidas con indicadores de desarrollo económico en los países estudiados.

Para medir la confianza, el trabajo de Knack y Keefer emplea las respuestas a la pregunta: “Generalmente hablando, ¿cree usted que se puede confiar en la mayoría de la gente o que hay que tener cuidado en el trato con la gente?” (EMV, 2000; p. 3), es decir, observa la confianza generalizada.¹⁶ Por otro lado, para la medición de normas de comportamiento cívico se utiliza una cuestión que analiza si, en opinión del encuestado, una serie de comportamientos sociales están o no justificados como cívicos.

Concretamente se pregunta al encuestado si los siguientes comportamientos están o no justificados: (a) reclamar ayudas gubernamentales sin tener derecho a ellas, (b) no pagar el transporte público, (c) defraudar a hacienda si se tiene la oportunidad, (d) quedarse con dinero que se ha encontrado, (e) en caso de chocar accidentalmente con un coche aparcado, no dar cuenta de los daños.

Tal y como los mismos autores señalan, estos indicadores son sin duda inexactos, sin embargo producen valores consistentes con datos obtenidos en fuentes independientes, tales como los experimentos realizados con billeteras.¹⁷

Además de la EMV, otros trabajos emplean encuestas diseñadas *ad hoc* para medir el capital social. En esta línea, la iniciativa más importante la está llevando a cabo el Banco Mundial a través del Programa de iniciativas de capital social (*Social Capital*

¹⁶ A este respecto, Stone (2001) sugiere completar esta medida con otras cuestiones, también incluidas en la EMV y más específicas sobre la confianza, con el fin de ofrecer una visión más ajustada de la misma.

¹⁷ En estos experimentos, llevado a cabo por la revista *Reader's Digest* en 32 ciudades (veinte en Europa y doce en Estados Unidos), un número de billeteras (veinte en el caso de las ciudades europeas y diez en las estadounidenses) fueron abandonadas en la calle con 50 dólares en su interior y las direcciones y teléfonos de sus supuestos dueños. El porcentaje de carteras devueltas con su contenido intacto en cada ciudad está altamente correlacionado con los resultados obtenidos a través de los indicadores elaborados por Knack y Keefer.

Initiative Program) en el que utiliza su Cuestionario integrado para la medición del capital social (SC-IQ¹⁸).

El SC-IQ tiene como objetivos: proporcionar una serie de preguntas de encuesta capaces de generar datos cuantitativos sobre las diferentes dimensiones del capital social, asesorar en proyectos de reducción de la pobreza sobre las posibles consecuencias que éstos presenten en el capital social de la región en que se lleven a cabo y realizar un inventario de la distribución del capital social en diferentes regiones y grupos socioeconómicos (Grootaert *et al.*, 2003).

Para ello, el cuestionario analiza seis aspectos –o dimensiones– del capital social: grupos y redes, confianza y solidaridad, acción colectiva y cooperación, información y comunicación, cohesión social, y poder sobre las instituciones y acción política. De dicho análisis se extraen tres *proxies* útiles que miden el capital social: (1) la pertenencia a asociaciones locales y redes,¹⁹ (2) los indicadores de confianza y solidaridad, y (3) los indicadores de acción colectiva. Finalmente, el trabajo considera que con estos tres *proxies*, se puede elaborar un indicador del capital social de forma relevante para la elaboración y puesta en práctica de políticas de acción.

Sin embargo, la información primaria para construir medidas del capital social no sólo se ha obtenido a través de encuestas. Recientemente se están empleando también experimentos económicos que miden directamente el comportamiento de grupos de individuos.

2. Los experimentos

Como alternativa a las encuestas, y con el objetivo de medir el capital social, se han llevado a cabo numerosos experimentos económicos basados en la teoría de juegos. Si, según indica Paldman (2000), el capital social se puede definir como la propensión a adoptar la postura cooperativa pese a que ello implique no lograr el equilibrio de Nash, entonces una medida adecuada del capital social se podría determinar por la frecuencia con la que los participantes en juegos adoptan la solución cooperativa.²⁰

¹⁸ *Social Capital Integrated Questionnaire*.

¹⁹ Es decir, el indicador introducido por Putnam *et al.* (1993).

²⁰ Partiendo de esta concepción, Poulsen y Svendsen (2003) elaboran un interesante modelo que analiza la evolución en el tiempo del capital social, concluyendo que ésta presenta un comportamiento cíclico con fases de creación, erosión y destrucción del mismo; y –de forma aparentemente contradictoria pero

Los principales experimentos –o juegos– empleados para medir el capital social son: el juego de la confianza, que mide el nivel de confianza entre los participantes; el del ultimátum, que observa la fuerza de las normas de reciprocidad; el del dictador, que mide el nivel de altruismo de los participantes; y el de contribución voluntaria al bien público, que analiza la propensión a cooperar para el bien público.²¹

El mayor problema de estos experimentos, apuntado por Carpenter (2002), aparece con la extrapolación a la vida real de los resultados obtenidos en, lo que él llama, el laboratorio social. A pesar de ello, y en gran parte debido a la existencia de incentivos económicos, estos métodos dan una medida del capital social que se acerca más al comportamiento de la población y, por tanto, que resulta más adecuada para la elaboración de políticas. Más aun, diferentes estudios demuestran una falta de correlación directa entre los resultados de las encuestas y los obtenidos en experimentos. Concretamente, Ben-Ner y Putterman (1999) y Burks *et al.* (2000) muestran en sus trabajos diferencias en las respuestas a preguntas sobre normas de reciprocidad y confianza, y los comportamientos de este tipo desarrollados en experimentos sobre la misma población.

Karlan (2005) va más allá en este argumento presentando relaciones directas entre los resultados en el laboratorio y los comportamientos en la vida real. En su estudio llevado a cabo en una pequeña comunidad peruana, el autor demuestra cómo el nivel de repago de deudas de los campesinos está altamente relacionado con los comportamientos de fiabilidad –equivalente a la reciprocidad– mostrados por ellos previamente en experimentos económicos.

Finalmente, es importante señalar una serie de trabajos (Glaeser *et al.*, 1999; Burks *et al.*, 2000; y Cárdenas *et al.*, 2000), no encuadrados en ninguno de los dos grupos definidos previamente, que combinan el uso de la encuesta con el de experimentos económicos. Esta mezcla debería resultar en una medición mucho más ajustada del capital social, proporcionando tanto información cuantitativa como

perfectamente lógica– que la habilidad de una sociedad para promover cooperación a largo plazo, posponiendo la erosión y destrucción del capital social, depende de su capacidad para evitar la propagación del altruismo en la población.

²¹ Para una detallada explicación del funcionamiento e interpretación de las diferentes técnicas experimentales véase Carpenter (2002) o Karlan (2005).

cualitativa sobre su creación, evolución y distribución. En definitiva, aportando una medida más precisa del mismo.²²

1.2.3. Críticas a los estudios empíricos

Como ya se ha dicho, los trabajos de medición del capital social son los que más críticas han recibido. En primer lugar, en cuanto a la perspectiva de estudio, se suele argumentar que cuando se analiza el capital social a través de la confianza medida con las respuestas a la EMV –como hacen muchos trabajos–, el análisis individual y posterior agregación de resultados genera un importante error de base ya que la confianza medida en encuestas ofrece un resultado individual cuya agregación no refleja las circunstancias sociales e históricas de la confianza colectiva (Sabatini, 2006).

Pero no solo eso, al analizar los efectos positivos del capital social, Duraluf y Fafchamps (2004) recuerdan que, si se agregan los beneficios individuales, aparecen importantes diferencias con los benéficos que ofrece el capital social a escala colectiva debido a que posibles efectos positivos para algunos individuos pero negativos para el grupo no serían tenidos en cuenta.

Respecto a las técnicas de medición y, concretamente, para el caso de las encuestas, como apunta Carpenter (2002), éstas presentan tres problemas que tienden a distorsionar los resultados:

- (1) La predisposición hipotética, es decir, la diferencia entre lo que el encuestado responde y lo que haría en la vida real.
- (2) La predisposición de la persona idealizada, o sea, la tendencia a responder como lo haría el tipo de persona que el encuestado querría ser.
- (3) La falta de incentivos de los encuestados para reflexionar y responder debidamente a las preguntas.²³

A estos problemas hay que sumarle las dificultades de traducción e interpretación para las encuestas que se llevan a cabo en diferentes lugares. Muestra de ello es la diferente interpretación que, dependiendo del territorio, se da a la cuestión de

²² Carpenter (2002) subraya la infrutilización de los experimentos económicos así como la conveniencia de combinarlos con las encuestas al completar y en muchos casos rebatir los resultados de éstas.

²³ En palabras de Guiso, Spienza y Zingales, haciendo referencia a estudios sobre la confianza y la fiabilidad de las personas: “¿En una encuesta, cómo se puede uno fiar de las respuestas de una persona que no es fiable?” (Guiso *et al.*, 2001; p. 24).

la EMV “Generalmente hablando, ¿cree usted que se puede confiar en la mayoría de la gente o que hay que tener cuidado en el trato con la gente?” (op. cit. p. 47). Como explican Knack y Keefer (1997), el término *la gente* puede englobar tanto a personas desconocidas en general o incluir también a personas conocidas, por lo que pasaría de medir la confianza generalizada a verse de alguna forma distorsionada con la particularizada.

Por último, Durlauf y Fafchamps (2004), tras analizar una completa serie de trabajos empíricos sobre el capital social, realizan tres interesantes recomendaciones para futuras investigaciones en este ámbito:

- (1) En primer lugar, argumentan, es necesario el abandono de la actual visión excesivamente amplia²⁴ del capital social que conlleva el uso de generalidades, con el fin de centrar el análisis en mecanismos más específicos²⁵ aunque potencialmente más eficaces para el análisis socioeconómico.
- (2) En segundo lugar, recomiendan completar la recolección de datos sobre capital social con información acerca de las influencias grupales sobre los comportamientos de la población, evitando de este modo la confusión en el origen de dichos comportamientos.²⁶
- (3) Por último, destacan la necesidad de reconocer los límites del análisis estadístico en la evaluación del capital social, mostrando mayor receptividad hacia las aportaciones de otras disciplinas fuera del análisis cuantitativo.

De especial importancia resulta la primera recomendación. En definitiva, lo que estos autores proponen no es el abandono del estudio del capital social, sino su concreción en aspectos más específicos. Es decir, manteniendo el concepto global, lo más adecuado para llevar a cabo trabajos empíricos sería centrarse en dimensiones más reducidas del capital social tales como la estructura de las redes sociales o las normas que rigen las relaciones. En esta línea, Arrow opina que, en lugar de pensar en términos de más o menos capital social, quizás sería más acertado analizar las relaciones sociales

²⁴ Debido a una actitud demasiado ambiciosa que presenta al capital social desde una postura grandilocuente (Durlauf y Fafchamps, 2004).

²⁵ Más *mundanos*, según los autores.

²⁶ La no consideración de este tipo de información implica la atribución únicamente al capital social como causa de los comportamientos, dejando de lado cuestiones importantes como el poder o el liderazgo.

como una red o estructura dentro de la cual diferentes facetas de la economía –como por ejemplo los proyectos de desarrollo– han de ser encajadas (Arrow, 1999).

1.2.4. Primeras conclusiones acerca de la metodología

Partiendo de todas estas consideraciones, en nuestra opinión, las técnicas más adecuadas para la medición del capital social, varían en función del componente del mismo que se desee analizar.

Si se trata de estudiar el componente estructural, la mejor herramienta para reflejar la enorme complejidad de la estructura de relaciones sociales es el análisis de redes sociales. (Por su amplitud y relevancia, dedicaremos el apartado siguiente exclusivamente a describir en profundidad los fundamentos y técnicas de análisis más adecuadas para este tipo de estudios aplicados al capital social.)

Si, en cambio, se busca analizar el componente institucional, se podrían emplear experimentos que reflejen el comportamiento real de los agentes, encuestas que analicen las normas que rigen sus relaciones, o bien una combinación de ambas técnicas. Con todo esto el análisis institucional debería aportar una descripción más cualitativa del capital social.

En la presente tesis nos centraremos en estudiar el componente estructural del capital social para lo cual emplearemos las técnicas de análisis de redes sociales descritas en el siguiente apartado.

2. El análisis de redes sociales

Para llevar a cabo un estudio empírico del componente estructural del capital social, resulta indispensable contar con una serie de modelos y técnicas de análisis de red capaces de describir las características formales, propiedades estructurales, evolución temporal y efectos de las redes sociales. Con este fin, el presente apartado realiza una introducción al concepto, características y herramientas del análisis de redes sociales.

2.1. Definición y principios básicos

El análisis de redes sociales es un conjunto de teorías, modelos y técnicas que estudian las relaciones específicas entre una serie definida de elementos tales como personas, grupos, organizaciones, países e incluso acontecimientos; centrándose exclusivamente en las relaciones y no en los atributos de los elementos (Molina, 2001).

Partiendo de esta definición, se puede afirmar que la principal aportación del análisis de redes sociales es, por tanto, ofrecer una perspectiva alternativa para el estudio de la sociedad. Una perspectiva que, dejando inicialmente de lado a los agentes individuales, se detiene directamente en el colectivo para analizar las relaciones que los agentes mantienen entre sí a través de la observación de su estructura y evolución. De hecho, como apuntan Wasserman y Faust, “la perspectiva de las redes sociales observa las características de las unidades sociales individuales como resultado de procesos estructurales o relacionales” (Wasserman y Faust, 1994; p. 7).

Para ello, este análisis se basa en cuatro principios básicos (Wasserman y Faust, 1994):

1. Tanto los agentes individuales como sus acciones son interdependientes.
2. Los vínculos entre agentes se consideran canales mediante los que se transmiten flujos de recursos.
3. La estructura de una red proporciona tanto oportunidades como restricciones para la acción de los individuos.

4. Se concibe a la estructura de una red como una serie de patrones duraderos en las relaciones entre individuos.²⁷

En definitiva, la perspectiva que ofrece el análisis de redes sociales resulta de gran interés para las ciencias sociales en general y para la economía en particular. Esto es así por que posibilita realizar una aproximación que va de lo general a lo particular, identificando las estructuras sociales –y profundizando en aquellas que subyacen a otras más superficiales– así como la forma en la que estas estructuras sociales afectan a la conducta de los individuos (Sanz Menéndez, 2003). Pero además, porque permite realizar un análisis siguiendo el proceso inverso, es decir, yendo de lo particular a lo general para comprender mejor de qué modo se asocian los comportamientos individuales para dar lugar a complejos comportamientos colectivos (Watts, 2006).

2.2. Conceptos previos

Una red social representada a través de un grafo no es más que un conjunto de nodos unidos por líneas donde los nodos simbolizan unidades sociales individuales (ya sean personas, grupos, organizaciones, etc.), mientras que las líneas representan las relaciones que mantienen dichas unidades sociales entre sí (de amistad, de colaboración, de intercambio comercial, etc.).

Partiendo de esta definición, podemos extraer una serie de conceptos fundamentales cuyo conocimiento resulta de gran ayuda antes de abordar adecuadamente otros aspectos relacionados con el análisis de redes sociales:

- Actor: unidad social que establece vínculos de relación con otros actores. También se le conoce como nodo, punto o vértice.
- Vínculo: elemento mediante el cual se establece la unión entre dos actores (por ejemplo: relación biológica entre actores, asociación o afiliación entre actores, evaluación de un actor por otro, transferencia material de recursos de un actor hacia otro, etc.). También se denomina línea o enlace. Los vínculos pueden ser orientados o recíprocos:

²⁷ Como dice Sanz Menéndez (2003), las redes sociales son a la vez la causa y el resultado de los comportamientos de los individuos.

- Vínculo orientado: indica una dirección en la relación, de manera que entre dos actores A y B se pueden dar dos vínculos orientados: uno desde A hasta B y otro desde B hasta A.
- Vínculo recíproco: enlaza a dos actores sin ninguna orientación. De esta forma, entre dos actores A y B, únicamente puede existir un vínculo recíproco.
- Grupo: conjunto de todos los actores para los que se van a medir los vínculos. Como recuerdan Wasserman y Faust (1994), los límites del grupo deben estar correctamente justificados, es decir, debe existir una argumentación adecuada que justifique la no inclusión de otros actores en el grupo.
- Relación: conjunto de vínculos de un tipo existentes entre todos los miembros de un grupo.
- Red social: grupo de actores y conjunto de vínculos entre ellos. También se denomina red o grafo. En función del tipo de vínculos que conectan a los actores, existen dos tipos de grafos: grafos orientados, que son aquellos cuyos actores están conectados por líneas orientadas; y grafos recíprocos, en los que los vínculos no tienen orientación.

2.3. Evolución histórica del análisis de redes sociales

A continuación, presentamos una breve evolución histórica del análisis de redes sociales. En ella veremos cómo y cuándo se han ido desarrollando los principales trabajos de grafos y redes, cuáles fueron sus conclusiones más importantes y en qué medida han condicionado tanto los conocimientos actuales como las futuras investigaciones sobre la materia.²⁸

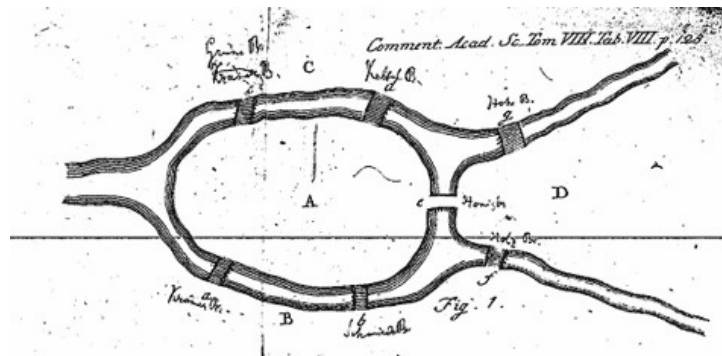
2.3.1. Euler y los siete puentes de Königsberg

El origen del análisis de redes sociales se puede identificar con el nacimiento de la teoría de grafos como rama de las ciencias matemáticas en 1736, cuando el célebre

²⁸ Para una descripción más detallada de la historia del análisis de redes sociales véase Barabasi, 2002; Watts, 2006; o De Ugarte, 2007.

matemático suizo Leonhard Euler resolvió un antiguo acertijo conocido como el problema de los siete puentes de Königsberg. El problema era el siguiente: el río Pregolya cruzaba la ciudad de Königsberg (actualmente Kaliningrado, en Rusia) dejando dos islas en el centro; las distintas partes de tierra firme estaban unidas por siete puentes (véase Gráfico 2.1) y, el acertijo local planteaba si era posible dar un paseo cruzando cada uno de los siete puentes una sola vez y volviendo al punto de partida.

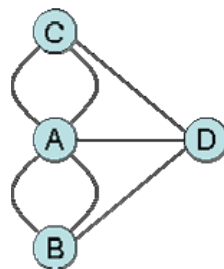
Gráfico 2.1: Los siete puentes de Königsberg



Fuente: Euler (1736).

Euler resolvió este problema empleando el análisis de grafos. Para ello, en primer lugar, construyó un grafo o red en el que los nodos simbolizaban las distintas partes de tierra firme y las líneas representaban los puentes. El resultado es un grafo de cuatro nodos y siete líneas como el de la Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2: La red de los puentes de Königsberg



Fuente: Elaboración propia.

Sobre esta base, Euler demostró que era imposible dar el paseo que planteaba el acertijo. El razonamiento seguido fue el siguiente: para poder recorrer todos los nodos de un grafo empleando cada línea una sola vez, si tenemos en cuenta que los nodos con un número impar de líneas únicamente pueden ser el comienzo o el final del recorrido,

el número de nodos con líneas impares no puede ser en ningún caso mayor que dos; como en nuestro grafo nos encontramos con cuatro nodos que tienen un número impar de líneas, resulta imposible hacer el recorrido planteado.²⁹

Esta demostración dio origen al concepto de ciclo euleriano, que se trata de un camino –es decir, una secuencia de nodos interconectados– que, empezando y terminando por el mismo, recorre todos los nodos de un grafo pasando sólo una vez por cada vínculo. El problema de los puentes de Königsberg se resuelve, por tanto, argumentando que el grafo no puede contener ningún ciclo euleriano al tener más de dos nodos con líneas impares.

Lo que Euler logró con este razonamiento, además de resolver un acertijo matemático a través de una demostración sencilla, fue aportar una nueva perspectiva de análisis a la hora de afrontar un problema. Euler fue capaz de ver los puentes de Königsberg sobre el Pregolya como una pequeña red de cuatro nodos y siete líneas. Y, al dibujarla, hizo evidente una de las múltiples propiedades matemáticas que las redes tienen en su estructura.

Conocer las redes y sus propiedades intrínsecas supone un importante punto de partida para la comprensión de una gran variedad de problemas complejos. No en vano, en los años siguientes a la publicación de los trabajos iniciales de Euler sobre grafos, aparecieron numerosos estudios acerca de la estructura y las propiedades matemáticas de diferentes tipos de redes. Había nacido la teoría de redes.

2.3.2. Las redes aleatorias

Los primeros trabajos acerca de teoría de redes se centraron casi exclusivamente en el análisis de grafos regulares con estructuras ordenadas y relativamente sencillas. Sin embargo, las redes del mundo real rara vez muestran estructuras a priori ordenadas. Los vínculos sociales en una comunidad de vecinos, las conexiones neuronales, las redes de transporte, etcétera, responden a fenómenos tan diferentes que resulta muy difícil encontrar patrones estructurales comunes que nos permitan comprenderlas mejor.

Con el objetivo de indagar en la estructura de las redes, a finales de los años cincuenta los matemáticos húngaros Paul Erdős y Alfréd Rényi reformularon la

²⁹ Mientras que el nodo *A* presenta cinco vínculos (cinco puentes conectan a esta parte de tierra con el resto de la ciudad), los nodos *B*, *C* y *D* cuentan con tres vínculos cada uno.

pregunta de manera diferente: se plantearon qué leyes rigen el proceso de formación de una red, es decir, según qué criterios se van uniendo unos nodos con otros hasta formar una red. Dada la imposibilidad de encontrar un patrón de comportamiento común presente en la infinidad de redes del mundo real, Erdős y Rényi optaron por eliminar deliberadamente el supuesto de existencia de un patrón y partieron de un supuesto de aleatoriedad, es decir, consideraron que las conexiones entre nodos de una red se hacen de forma absolutamente aleatoria. Así, desarrollaron en 1959 un elegante modelo matemático conocido como modelo de redes aleatorias (Erdős y Rényi, 1959), según el cual la formación de una red sigue el siguiente proceso:

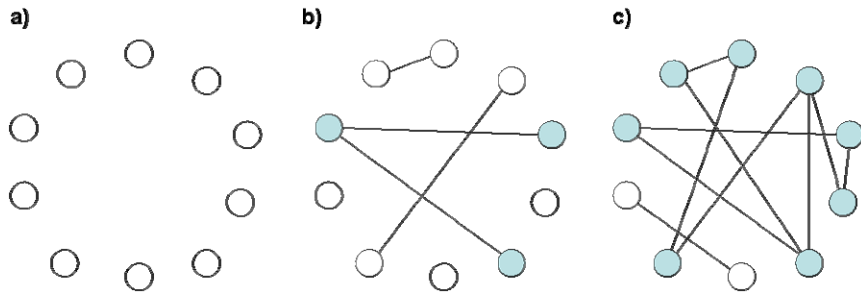
Partiendo de un conjunto de N nodos desconectados, se van añadiendo de forma aleatoria líneas que interconecten los nodos de dos en dos, de forma que cada nuevo vínculo unirá con igual probabilidad a dos nodos de la red independientemente de sus características, su posición en la red o el número de vínculos que ya tengan previamente.

Sobre esta base, Erdős y Rényi descubrieron que a medida que el número de líneas (M) va aumentando, van apareciendo diferentes subgrupos o componentes de nodos cada vez más numerosos hasta que, cuando el número medio de líneas por nodo es igual a uno (es decir, cuando $N = M$) emerge un componente gigante de nodos que aglutina a la mayoría de ellos (véase Recuadro 2.1). Esto implica que cuando las conexiones son aleatorias, basta con que exista de promedio una línea por nodo para que la mayoría de los nodos del grafo estén interconectados.

Recuadro 2.1: Emergencia de un gran componente en redes aleatorias

Empleando un grafo aleatorio de diez nodos se puede observar el proceso por el que emerge un gran componente que aglutina a la mayoría de los nodos:

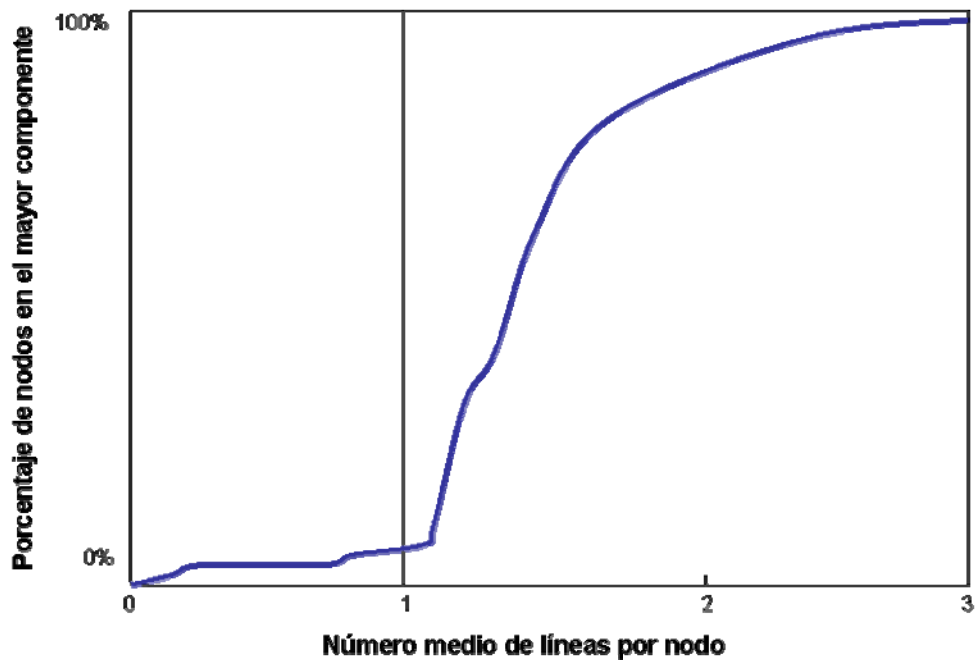
- a) En un primer momento (a), los nodos están completamente desconectados al no existir ninguna línea.
- b) Más adelante (b), se crean cuatro vínculos aleatorios y se observa que aparecen tres componentes separados, el mayor de ellos (en gris) formado por tres nodos. Todavía la red está formada por pequeños componentes de nodos desconectados entre ellos.
- c) Al ir añadiendo nuevos vínculos aleatorios, llega un momento (c) en el que el número de líneas es igual al número de nodos (diez), lo que hace surgir un gran componente de ocho nodos que aglutina a la mayoría (el 80%) de los nodos de la red.



	A	b	c
Número de nodos	10	10	10
Número de líneas	0	4	10
Número de nodos en el mayor componente	0	3	8
Proporción de nodos en el mayor componente	0%	30%	80%

Fuente: elaboración propia.

Este proceso, comparable a lo que los físicos conocen como transición de fase, se da de igual forma en redes de mayor tamaño. En el siguiente gráfico se recoge el resultado de una simulación sobre una red aleatoria de 300 nodos. El mayor componente aglutina a un porcentaje muy reducido de nodos hasta que el número de líneas por nodo supera la unidad, momento en el que el gran componente emerge aglutinando a la mayor parte de los nodos de la red.



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Blume (2007).

Gracias al modelo de Erdős y Rényi, se descubrió una importante propiedad de las redes sociales: para toda red existe un número de líneas tal que si nos situamos por debajo de él, predomina la desconexión entre sus actores, mientras que, al superarlo, la estructura cambia drásticamente al aparecer un gran componente que aglutina a la mayoría de los nodos. Dicho de otra forma: los cambios estructurales en las redes sociales se producen habitualmente de forma escalonada, hasta un cierto punto a partir del cual la estructura cambia bruscamente.

En la actualidad, el modelo de redes aleatorias se emplea como punto de partida y base teórica para la generación de otras redes; sin embargo, se ha demostrado que en la mayor parte de las redes reales la creación de vínculos entre nodos dista mucho de seguir el criterio de aleatoriedad y, por lo tanto, ni la estructura ni la evolución en el tiempo de las redes del mundo real se ajustan al modelo de redes aleatorias. De hecho, conviene recordar que el verdadero interés de Erdős y Rényi no era tanto describir las redes del mundo real, sino desarrollar un modelo matemático sobre la formación de redes partiendo del supuesto de aleatoriedad para después analizar sus propiedades estructurales. Si se quieren conocer las redes del mundo real, se deben, por tanto, replantear los supuestos del modelo.

2.3.3. Los seis grados de separación

Los avances en el análisis de redes no han provenido exclusivamente de las matemáticas. A partir de 1967 el psicólogo social estadounidense Stanley Milgram llevó a cabo una serie de famosos experimentos cuyos resultados hicieron replantear la dirección de las investigaciones en la materia dando origen a una teoría que llegó a considerarse un mito de la cultura popular: la teoría de los seis grados de separación. Según esta teoría, todos los habitantes del planeta están conectados de forma que entre cualquier par de personas existen como máximo cinco intermediarios (y, por tanto, seis enlaces). O sea, si cada enlace entre dos personas es un grado de separación, toda la humanidad está conectada con un máximo de seis grados de separación entre sus miembros.

Los objetivos iniciales de Milgram eran algo menos ambiciosos y, de hecho, él nunca utilizó la expresión seis grados de separación.³⁰ En sus experimentos llevados a cabo en la Universidad de Harvard, se trataba de analizar las redes sociales en Estados Unidos midiendo la distancia social que separaba a cada ciudadano del país.

Para ello, eligió a dos personas: una en la ciudad de Sharon y otra en Boston, ambas en el estado de Massachussets (en la costa Este de Estados Unidos) y 160 personas elegidas al azar en las ciudades de Wichita y Omaha, en los estados de Kansas y Nebraska respectivamente (en el interior del país, a miles de kilómetros de Massachussets). Los 160 individuos de Wichita y Omaha recibieron en sus domicilios una carta con información detallada del experimento. En ella se les explicaba que debían hacer llegar esa carta a una persona objetivo (una de las dos de Massachussets), sobre la que se incluía una fotografía, el nombre, la dirección y alguna información básica. Pero bajo una condición: la carta sólo se podía enviar directamente al objetivo en caso de que se le conociera personalmente, si no, se debía enviar a una persona conocida que tuviera más probabilidad de conocer al objetivo. De esta forma, las cartas iban pasando desde el interior del país de unas manos a otras, pero siempre entre conocidos, hasta llegar a la persona objetivo en Massachussets, de manera que, cuando una carta llegaba al final del proceso, se contaba el número de intermediarios para medir los grados de separación entre el origen y el final de la cadena.

El resultado del experimento fue el siguiente: si bien no todas las cartas llegaron hasta la persona objetivo (sólo lo hicieron 42 de las 160), en las que sí llegaron, el número medio de intermediarios fue de 5,5. Es decir, en 42 de los 160 casos, existía una conexión entre los habitantes del interior y los de la costa este. Una conexión que, redondeando al alza, tenía seis grados de separación.

Es preciso tener en cuenta que las conexiones entre individuos, cuando pasan de los dos grados de separación, son completamente desconocidas³¹ y, por lo tanto, que, como no se dispone de un mapa de conexiones interpersonales, muchas de las cartas que no llegaron, no lo hicieron porque, aunque posiblemente existiera una cadena hacia la persona objetivo, algún miembro de la cadena eligió mal a quién contactar.

³⁰ El nombre de seis grados de separación aparece en un relato de 1929 titulado Lánzczmek (Cadenas) del escritor húngaro Frigyes Karinthy.

³¹ Podemos saber quiénes son algunos de los conocidos de nuestros conocidos, pero normalmente ignoramos quiénes son los conocidos de éstos últimos.

En definitiva, aunque no se empleara un análisis de grafos ni se estudiaran sus propiedades matemáticas, la conclusión de los experimentos de Milgram supuso un gran avance en el conocimiento de la estructura de las redes sociales. Sus estudios vinieron a decir que no sólo es muy probable que todas las personas estemos conectadas en una misma gran red social, sino que lo estamos a pocos pasos de diferencia unos de otros. Es decir, que aunque la red social mundial tenga un número muy elevado de nodos, su diámetro, entendido éste como la distancia máxima entre un par cualquiera de sus nodos, es muy reducido. Esta propiedad de las redes se conoce como el fenómeno del *mundo pequeño* y se da en aquellas redes en las que, a pesar de existir un gran número de nodos, es posible encontrar caminos cortos que conecten dos nodos cualesquiera.

2.3.4. Lazos fuertes y lazos débiles

Desde el campo de la sociología también ha habido importantes contribuciones para el análisis de redes sociales. Así, en 1973, Mark Granovetter publicó un importante artículo acerca de la estructura de las relaciones sociales cuyas principales conclusiones –sólo aparentemente– parecían estar en contra del fenómeno del *mundo pequeño* mostrado por Milgram. En su trabajo, el sociólogo estadounidense distingue dos tipos de lazos entre las personas utilizando como criterio para diferenciarlos la fuerza del lazo, o sea, una combinación de la cantidad de tiempo, intensidad emocional, intimidad, confianza mutua y servicios recíprocos que caracterizan la relación entre dos individuos (Granovetter, 1973).

Según esto, se pueden distinguir dos tipos de lazos:

1. El primer tipo es el conocido como **lazo fuerte**, que conecta a personas cercanas unas con otras formando núcleos o aglomeraciones de individuos entre los que hay una gran cantidad de lazos de este tipo. Normalmente estos lazos representan relaciones familiares o de amistad.
2. El segundo tipo es el de **lazo débil** que pone en contacto a personas que, aunque se conocen, el vínculo entre ellas es menos fuerte. Por lo tanto, estos lazos suelen identificarse con relaciones menos cercanas e indirectas.

El autor realiza una investigación sobre el uso de contactos personales para la búsqueda de empleo. Partiendo del hecho de que los lazos interpersonales facilitan información de los individuos para el cambio de empleo, Granovetter trata de estudiar

de qué tipo son estos lazos, es decir, busca analizar qué tipo de lazos resultan más útiles en la búsqueda de empleo: los fuertes o los débiles. Sus conclusiones son las siguientes: por un lado concluye que las personas unidas por lazos débiles se mueven en círculos más diversos, por lo que tienen acceso a información más variada en este aspecto; pero además, la mayor parte de los que cambiaron de empleo utilizando información proporcionada por una relación interpersonal, estaban relacionados mediante lazos débiles con la persona que les facilitó la información. Es decir, la principal conclusión de su investigación es que los lazos débiles son un mejor recurso para la búsqueda de empleo que los lazos fuertes. Por ello, el título de su artículo es *The Strength of Weak Ties*, o sea, La fuerza de los lazos débiles.

En la estructura social que plantea Granovetter –que, como veremos, se asemeja bastante a la de las redes del mundo real– nos encontramos con que la mayoría de los contactos de cada individuo están concentrados en su entorno más cercano (familiares, amigos, vecinos, compañeros de trabajo, etc.), lo que significa que la mayor parte de los vínculos son recíprocos y por tanto no sirven para ponernos en contacto con personas lejanas. Existirán, por ello, multitud de pequeños grupos o núcleos relativamente cerrados de individuos (nuestros contactos cercanos) entre los que aparecen muchos lazos fuertes formando agrupamientos separados. Simultáneamente, algunos lazos débiles interconectan a personas que pertenecen a entornos diferentes, poniendo así en contacto a esos agrupamientos separados.

Sin embargo, esta estructura social, a priori no parece encajar bien con el fenómeno del *mundo pequeño*: si la mayor parte de los vínculos los establecemos con personas de nuestro ambiente cercano, para contactar con individuos fuera de él tendremos que ir realizando un gran número de contactos, desplazándonos de entorno en entorno hasta llegar a nuestro destino; por lo que difícilmente podremos llegar en seis vínculos a cualquier otra persona del mundo. Consecuentemente, como hemos apuntado previamente, aunque intuitivamente parecen describir ciertas pautas sobre la estructura de las redes sociales reales, las tesis de Granovetter no parecen cuadrar muy bien con los resultados de los experimentos de Milgram.

2.3.5. Las redes de *mundo pequeño*

Ciertamente el problema que plantearon los descubrimientos de Milgram no era sencillo: ¿cómo es posible que una red con miles de millones de nodos tenga un diámetro de tan sólo seis? Pero además, y considerando los supuestos de Granovetter, ¿cómo una red fuertemente separada en multitud de grupos de individuos puede tener un grado de separación entre todos sus miembros tan bajo? En definitiva, ¿qué características estructurales le pueden permitir a una red de este tipo presentar la propiedad del *mundo pequeño*? La respuesta a estas preguntas motivó a Duncan Watts y a Steven Strogatz a investigar acerca de lo que, en su artículo de *Nature*, definen como las redes de *mundo pequeño* (Watts y Strogatz, 1998).

Watts y Strogatz partieron de una premisa simple: las redes sociales del mundo real no son en absoluto aleatorias ya que gran parte de los contactos entre las personas vienen en parte condicionados por el entorno en el que se mueven. Lógicamente, poniendo un ejemplo, un estudiante de primer año de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) no tiene la misma probabilidad de conocer a lo largo del curso a un compañero de clase que al presidente del gobierno. Si bien en el modelo de las redes aleatorias propuesto por Erdős y Rényi, ambos contactos podrían suceder con exactamente la misma probabilidad, como Granovetter apuntó, la mayor parte de los vínculos se establecen con personas del entorno social y geográfico; por ello lo más probable es que el alumno de la UAM establezca contacto con un compañero de clase antes que con el presidente, lo cual necesariamente implica que, si los contactos se hacen con más probabilidad en nuestro entorno, las redes sociales reales deberán mostrar un elevado nivel de agrupamiento, formándose así diferentes núcleos de nodos cercanos con muchos vínculos recíprocos entre ellos. Pero además, como ya apuntamos, el gran agrupamiento de las redes sociales parece indicar que las distancias entre todos sus miembros habrán de ser elevadas.

Watts y Strogatz propusieron una forma de medir estas dos últimas características estructurales de las redes: el agrupamiento y la distancia entre nodos. En primer lugar, para contabilizar la distancia entre nodos, emplean una medida llamada longitud de camino que se halla de la siguiente forma: para cada nodo, se calcula la longitud del camino más corto que le une con cada uno de los otros nodos de la red y posteriormente se halla el promedio de todas esas longitudes obteniendo así la longitud de camino del grafo.

Por otro lado, para medir el nivel de agrupamiento emplearon un índice conocido como coeficiente de agrupamiento. Este índice se calcula de la siguiente forma: en primer lugar se halla, para cada nodo de la red, su grado de interconexión o agrupamiento con los nodos que forman su entorno directo haciendo el cociente entre el número de vínculos que existen entre todos los nodos que forman su entorno –es decir, aquellos con los que tiene contacto directo– y el número máximo de vínculos que podría existir entre ellos si todos los miembros del grupo estuvieran directamente conectados con todos. Posteriormente, se halla el coeficiente de agrupamiento del grafo calculando el promedio de los coeficientes de agrupamiento de todos sus nodos. (Para una descripción más detallada del cálculo de este coeficiente véase el apartado 2.4.3.)

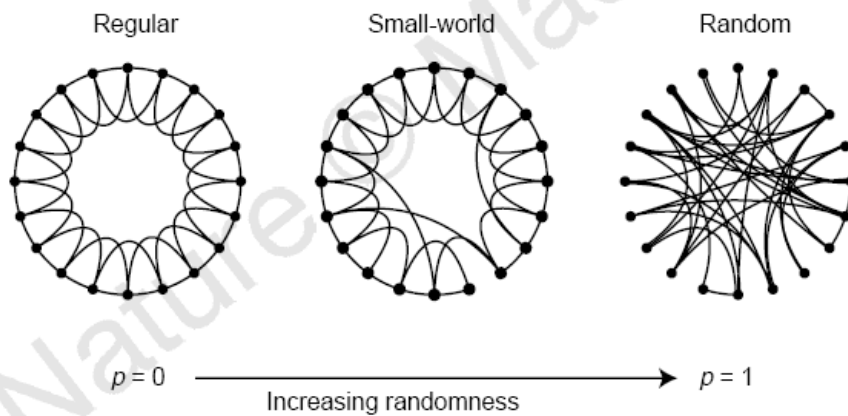
En definitiva, como apuntan los autores, en una red de amistad, el coeficiente de agrupamiento de un nodo mide la proporción de sus amigos que a su vez son amigos entre ellos, mientras que el coeficiente de agrupamiento del grafo medirá el nivel de cohesión o agrupamiento del grupo de amigos típico dentro del grafo.

Una vez propuestas estas medidas, Watts y Strogatz elaboraron dos modelos opuestos de estructura de red según el nivel de aleatoriedad que mostraran en la formación de los vínculos. El primer modelo es un retículo periódico, es decir, una red absolutamente regular en la que el nivel de aleatoriedad es igual a cero ya que los contactos se hacen siempre de la misma forma: situando todos los nodos en una circunferencia, cada nodo establece vínculos con los cuatro que le rodean. Este grafo presenta niveles muy elevados tanto del coeficiente de agrupamiento, como de la longitud de camino, la cual además crece linealmente cuando lo hace el número de nodos. En el otro extremo, sitúan a la red completamente aleatoria propuesta por Erdős y Rényi en la que cada nodo de la circunferencia tiene igual probabilidad de establecer vínculos con cualquier otro nodo, sea o no de su entorno cercano. En esta última red, tanto el coeficiente de agrupamiento como la longitud de camino son muy bajos y, además, esta última aumenta sólo de forma logarítmica a medida que lo hace el número de nodos³² (véase Recuadro 2.2).

³² En una red aleatoria con N nodos y una media de k líneas por nodo, cada nodo tendrá k nodos a una distancia de una línea, k^2 nodos a una distancia de dos líneas y, por tanto, k^d nodos situados a una distancia de d líneas. Como k^d no podrá ser mayor que N (obviamente nunca puede ser mayor la distancia entre un par de nodos cualquiera y el número total de nodos del grafo), podemos calcular la distancia máxima del grafo de la siguiente forma: si $k^d = N$ cuando d es la distancia máxima del grafo, entonces $d = \log N / \log k$. Lo cual, demuestra que al aumentar el número de nodos en la red (N), la distancia máxima aumenta sólo de forma logarítmica.

Entre estos dos extremos, Watts y Strogatz situaron un tipo de red diferente. Se trata de una red en la que se altera la regularidad del retículo periódico introduciendo un cierto nivel de aleatoriedad a través de la inclusión de un cierto número de vínculos aleatorios que ponen en contacto diferentes entornos agrupados pero distantes entre sí. Al introducir aleatoriedad en el grafo, sucede que mientras el coeficiente de agrupamiento se reduce lentamente, la longitud de camino disminuye drásticamente, dejando así un amplio margen para un tipo de red con un bajo grado de separación entre sus nodos pero a la vez altamente agrupada (véase Recuadro 2.2). Se trata de una red de *mundo pequeño*.

Recuadro 2.2: El modelo de Watts y Strogatz



Fuente: Watts y Strogatz (1998).

En la figura se muestra el proceso de reordenación de líneas en una red, desde un retículo periódico hasta una red completamente aleatoria, sin modificar ni el número de nodos ni el de líneas.

Partiendo de un retículo periódico (a la izquierda) formado por 20 nodos y 40 líneas dibujados circularmente, donde cada nodo está conectado únicamente con los cuatro nodos más cercanos a él, se lleva a cabo el siguiente proceso:

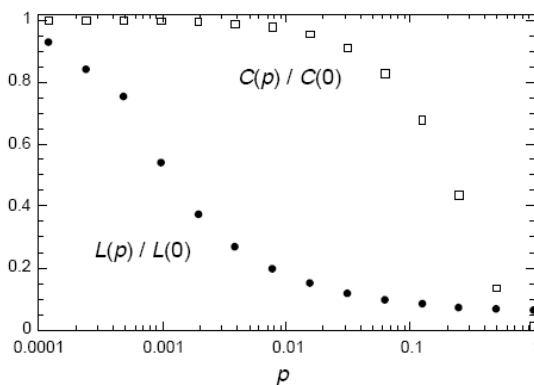
1. Se elige un nodo cualquiera y la línea que lo conecta a su nodo más cercano en el sentido de las agujas del reloj.
2. Se elimina esa línea y, con una probabilidad p , se reconecta esta línea con un nodo elegido de forma absolutamente aleatoria. (La reconexión aleatoria se realiza teniendo en cuenta que no se pueden duplicar líneas y que, en caso de ser así, se debe dejar el lazo tal y como estaba.) Este proceso se lleva a cabo con el resto de los nodos del retículo siguiendo el sentido de las agujas del reloj.

- Una vez reordenados todos esos vínculos, se repite el proceso para la línea que une a cada nodo con su segundo nodo más cercano de forma que, al acabar la segunda vuelta, todos los vínculos han sido reordenados con una probabilidad de aleatoriedad p . (De forma general, en una red con n nodos y k líneas por nodo, como el total de nodos será igual a $nk/2$, el proceso de reordenación de vínculos se habrá terminado después de dar $k/2$ vueltas.)

En el retículo periódico de la izquierda, se puede observar cómo al considerar $p = 0$, ninguna línea se reconecta aleatoriamente, por lo que no existe aleatoriedad en el grafo y sí absoluta regularidad, lo que supone tener un fuerte agrupamiento y un elevado grado de separación entre sus nodos.

En el otro extremo (la red de la derecha), como $p = 1$, todos los nodos estarán conectados de forma aleatoria, igual que en el modelo de Erdős y Rényi. En esta red, el agrupamiento es muy reducido y la distancia entre nodos corta.

Finalmente, para valores intermedios de p , el grafo resultante es una red de *mundo pequeño*: fuertemente agrupada pero con un bajo grado de separación entre sus nodos.



Fuente: Watts y Strogatz (1998).

La razón por la que una red de *mundo pequeño* mantiene elevados niveles de agrupamiento junto con bajas longitudes de camino se muestra en este gráfico que analiza la evolución conjunta del coeficiente de agrupamiento y de la longitud de camino de los grafos en función de la probabilidad de aleatoriedad p ($C(p)$ y $L(p)$ respectivamente).

Una vez normalizados ambos valores empleando el valor de C y L en el retículo periódico (es decir, $C(0)$ y $L(0)$ respectivamente), se puede observar cómo a medida que aumenta p el coeficiente de agrupamiento se mantiene relativamente elevado, mientras que la longitud de camino desciende vertiginosamente, dejando así un margen de p para las redes de *mundo pequeño*. O sea, un margen para grafos de *mundo pequeño*, con elevado agrupamiento y reducida longitud de camino.

El modelo de redes de *mundo pequeño* desarrollado por Watts y Strogatz no sólo resulta interesante porque logra aunar los elevados niveles de agrupamiento propuestos por Granovetter con una reducida longitud de camino como la sugerida por la teoría del *mundo pequeño*, sino que además es contrastado satisfactoriamente en tres redes reales diferentes: la red de colaboración entre actores de Hollywood, la red eléctrica de Estados Unidos y la red neuronal del gusano *Caenorhabditis elegans*.³³ A pesar de sus diferencias en cuanto al tamaño y al tipo de nodos y líneas de los tres grafos (aparte de las diferencias obvias relativas a las realidades que representan), todos ellos se adaptan al modelo de red de *mundo pequeño*, lo cual, viene a sugerir que el fenómeno del *mundo pequeño* no es una curiosidad que únicamente sucede en algunas redes sociales, sino más bien una característica estructural de multitud de grafos presentes en el mundo real.

2.3.6. Las redes sin escala

Ciertamente la propuesta de Watts y Strogatz ayuda enormemente a comprender mejor las redes del mundo real, sin embargo, en ocasiones estas últimas presentan una característica que resulta imposible de recoger en su modelo de redes de *mundo pequeño*: se trata de la existencia de núcleos, es decir, de nodos que aglutinan un número de vínculos con otros nodos muy elevado y muy superior a la media.

La presencia de este tipo de núcleos –también llamados conectores, por su gran capacidad de conexión en la red– necesariamente lleva al investigador de redes a plantearse tres preguntas acerca de ellos: (1) ¿cómo aparecen?, (2) ¿cuántos se supone que debe haber en una red dada? y, por último, (3) ¿por qué los modelos previos no pudieron tenerlos en cuenta? (Barabasi, 2002).

Para dar respuesta a estas cuestiones, Barabasi y Albert (1999) analizaron, en primer lugar, la distribución del número de líneas por nodo –también conocida como distribución de grado– en los distintos modelos de redes y descubrieron que, tanto en los modelos de redes aleatorias como en las redes de *mundo pequeño*, esta distribución se puede ajustar a una distribución normal en la que la gran mayoría de nodos tienen un grado igual o muy similar al promedio y, a medida que nos alejamos de ese grado

³³ Según los autores, “estos ejemplos no se eligieron al azar, sino que fueron escogidos por su interés inherente y por que se disponía de un mapa completo de sus redes” (Watts y Strogatz, 1998; p. 441).

medio, los nodos son muy difíciles de encontrar por lo que en estas redes raramente aparecen nodos con un grado muy superior o muy inferior a la media.

Sin embargo, al estudiar la distribución de grado en una serie de redes del mundo real de las que disponían de datos empíricos, los autores descubrieron que éstas no se ajustaban a una distribución normal, sino que seguían más bien una ley potencial, es decir, una distribución enormemente desigual, donde la mayor parte de los nodos tienen un pequeño número de vínculos, mientras que un reducido grupo de nodos altamente conectados (los núcleos) aglutinan la mayoría de los lazos manteniendo unida al conjunto de la red (véase Recuadro 2.3). Estos núcleos no encajan con el modelo de redes aleatorias, pero tampoco lo hacen con el de redes de *mundo pequeño*.

Como hemos dicho, tanto en las redes aleatorias como en las redes de *mundo pequeño*, la mayor parte de los nodos tienen un grado muy similar a la media, por lo que resulta extraño encontrarse con nodos de grado significativamente superior o inferior al resto, lo que implica que estos dos tipos de redes tienen una escala característica que se identifica con el nodo promedio y se fija por el pico de la distribución. En cambio, la ausencia de un pico en la distribución de la ley potencial implica que no existe ese nodo característico o nodo típico, por lo que no hay una escala intrínseca en esta red. Es por esto por lo que se conoce a este tipo de redes como redes libres de escala o redes sin escala (Barabasi, 2002).

El modelo de redes sin escala propuesto por Barabasi y Albert parte de dos premisas no contempladas en los modelos anteriores:

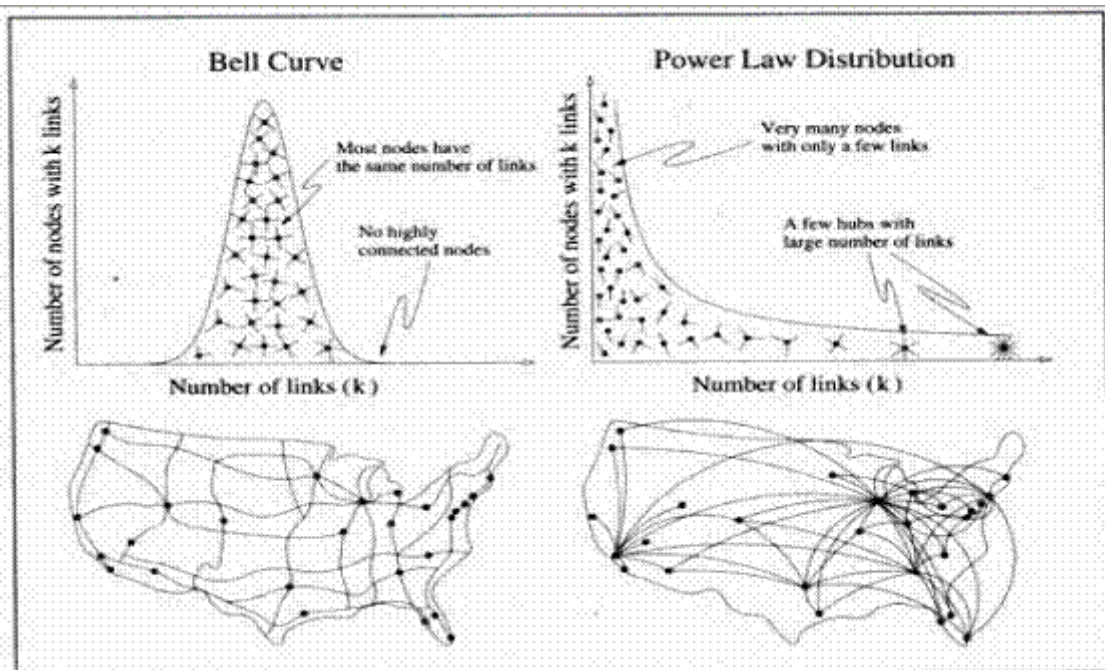
1. Considera que las redes crecen. Es decir, que el número de nodos no es fijo, sino que aumenta con el tiempo.
2. Considera que existe cierta preferencia en el establecimiento de vínculos, es decir, que no todos los nodos son iguales, algunos atraen más vínculos que otros hacia ellos.

Con el fin de modelizar estas dos premisas básicas, los autores crearon un algoritmo definido por dos leyes: (1) ley de crecimiento, según la cual se supone que para cada periodo de tiempo se añade un nuevo nodo a la red; y (2) ley de enlace preferencial, la cual dicta que, asumiendo que cada nuevo nodo se conecta con los ya

existentes, la probabilidad de que éste elija un nodo en concreto es proporcional al grado del nodo elegido.³⁴

Recuadro 2.3: Distribución normal y ley potencial

Al comparar las distribuciones de grado de las redes de carreteras y de aeropuertos en Estados Unidos se puede observar que, en el primer caso, la mayoría de los nodos tiene un número similar de vínculos y no existen nodos altamente conectados la distribución; por ello, la distribución se ajusta a una normal representada por una curva en forma de campana de Gauss. En el segundo caso, la mayoría de los nodos tienen muy pocos vínculos, mientras que unos pocos nodos aglutinan un elevado número de vínculos, lo que se ajusta significativamente a una ley potencial.



Fuente: Barabasi (2002).

El hecho de que la distribución de grado de los nodos se ajuste a una ley potencial implica que “si relacionamos el número de nodos (y) con el de vínculos que soporta cada nodo (x), nos encontramos con funciones del tipo $y = k \cdot x^{-n}$. Es decir, que el número de nodos que sólo tienen un enlace será una potencia del número de enlaces que soporta el nodo más conectado. Al exponente n se le llama grado de la función o escala de la red” (De Ugarte, 2007; p. 9).

El modelo fue contrastado por Barabasi y Albert con los datos de algunas redes reales como la red de colaboración de actores de cine –igual que la analizada por Watts

³⁴ Es decir, dada la posibilidad de elegir entre dos nodos, uno con el doble de líneas que el otro, es doblemente probable que el nuevo nodo se conecte con el que tiene más líneas.

y Stogatz—, la red física de Internet, la estructura de enlace virtual de la World Wide Web y las redes metabólicas de algunos organismos. La conclusión fue igual para todos los casos: se trataba de redes sin escala. Por ello, los autores pueden afirmar que algunas redes reales parecen presentar las propiedades estructurales de las redes sin escala.³⁵

Sin embargo, este modelo también presenta algunos fallos en su aplicación a la realidad (por ejemplo, porque no recoge adecuadamente la desaparición de algunos nodos o la creación de vínculos entre nodos antiguos). Por ello, a raíz de la publicación del modelo, distintos trabajos han ido haciendo modificaciones sobre el mismo retomando también características de las redes de *mundo pequeño* para adecuarlo a las particularidades de las redes reales.

De esta forma, y partiendo tanto del modelo de Watts y Strogatz como del de Barabasi y Albert, en los últimos años se han desarrollado multitud de estudios empíricos sobre diferentes redes del mundo real en ámbitos como las redes de empresas, las de cooperación entre agencias de desarrollo, las de cooperación entre directivos, etc. (Scholz y Wang, 2003; Singh, 2003; Schilling y Phelps, 2007; Uzzi, 2005; Fleming *et al.*, 2007; Crowe, 2007; Uzzi, 2008 entre otros). De ellos se han obtenido interesantes conclusiones acerca de las características estructurales, la evolución, las propiedades y los efectos de las redes sociales. Muchas de estas conclusiones se analizarán en los apartados siguientes.

2.4. Propiedades estructurales de las redes sociales

Como hemos ido adelantando en apartados anteriores, las redes sociales pueden presentar diferentes estructuras que, a su vez, condicionan enormemente tanto su evolución y rendimiento como el comportamiento de sus miembros. En este apartado se analizan las principales propiedades estructurales presentes en las redes sociales, ofreciendo, para cada una de ellas, su definición, descripción e interpretación, así como las medidas e indicadores más empleados en el estudio empírico.

Antes de comenzar debemos recordar que, si bien las redes sociales se pueden clasificar en redes orientadas y redes recíprocas, para ambos tipos de redes se pueden

³⁵ Además, Barabasi y Albert apuntan que las redes sin escala son muy seguras ante eventuales desapariciones de nodos (resisten sin apenas verse afectadas) cuando éstos desaparecen aleatoriamente. El problema de esta fortaleza es que las hace muy vulnerables ante ataques intencionados hacia los núcleos o conectores.

estudiar, adaptando adecuadamente algunos indicadores, todas las propiedades estructurales que aquí se recogen. Dado que el estudio empírico de esta tesis analiza una serie de redes recíprocas, el presente apartado se centrará en desarrollar las propiedades estructurales para este tipo de redes.³⁶

2.4.1. Propiedades fundamentales

Para estudiar la estructura de una red se debe partir del análisis de una serie de propiedades básicas o fundamentales acerca de los actores en particular y de la red en general. Concretamente, resulta interesante comenzar estudiando el tamaño, la densidad, la conectividad y la accesibilidad del grafo para, posteriormente, entrar en más detalle en otras propiedades estructurales que permitan realizar diferentes y más amplias interpretaciones.

1. Tamaño

La primera propiedad que se puede observar al analizar una red social es su tamaño, es decir, el número de nodos que la componen. La importancia del tamaño de una red reside en que éste condiciona enormemente al resto de propiedades estructurales.

Como Hanneman y Riddle recuerdan (2005), el tamaño es crítico para la estructura de las relaciones sociales ya que los actores disponen únicamente de capacidades y recursos limitados para establecer y mantener lazos con otros actores; por ello, a medida que el grupo crece en tamaño, es de suponer que la dificultad para mantener conectada a toda la red será cada vez mayor y, en consecuencia, muy probablemente la densidad del grupo irá disminuyendo e irán emergiendo sucesivamente diferentes grupos y facciones separados, desconectados del resto. Según Ter Wal (2008), la densidad, la distancia media entre nodos y el agrupamiento de una red –propiedades que se estudiarán más adelante– son altamente sensibles a su tamaño. De esta forma, a medida que una red crece, su densidad y agrupamiento disminuyen, mientras que la distancia entre nodos aumenta.

³⁶ Para un estudio detallado de las propiedades estructurales de las redes orientadas, véase Wasserman y Faust (1994) o Hanneman y Riddle (2005).

2. Grado y densidad

Una vez contabilizado el número de actores, a continuación, se pueden analizar los vínculos de la red empleando dos medidas diferentes: el grado de un nodo y la densidad de una red. El **grado de un nodo** es el número de líneas incidentes en él, es decir, el número de vínculos o conexiones directas que un nodo concreto mantiene con otros. Se trata de una medida individual que nos da información acerca del nivel de actividad de un nodo concreto dentro de la red. Una vez calculado el grado de todos los nodos del grafo, se pueden estudiar distintas medidas estadísticas como el grado medio, que nos informará del nivel de vínculos que se mantiene en una red como promedio; la varianza de grados, que mide la regularidad y, por tanto, la diferencia en actividad e implicación entre los nodos de la red; o, como vimos en el apartado anterior, la distribución de probabilidad a la que se puede ajustar el conjunto de todos los grados.

Por otro lado, desde un punto de vista colectivo, resulta interesante observar la **densidad de una red**, que mide la proporción de vínculos existentes en un grafo sobre el máximo de vínculos posibles. La densidad de una red (D) se calcula como:

$$D = \frac{l}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

donde:

l es el número de líneas existentes en el grafo,

n es el número de nodos existentes en el grafo y, por lo tanto,

$\frac{n(n-1)}{2}$ es el número máximo de líneas que podría haber en el grafo.³⁷

La densidad de una red se puede calcular también para grupos más pequeños o subgrupos de nodos.

3. Conectividad

Resulta preciso tener en cuenta que, si bien en ocasiones todos los nodos de un grafo están interconectados dentro de un único componente, a menudo entre ellos faltan vínculos formándose así grupos de actores, componentes o subgrafos aislados del resto.

³⁷ Este número de líneas que habría en una red si todos los nodos estuvieran conectados con todos coincide, lógicamente, con el número máximo de pares de nodos de la red.

Además, aunque exista conexión entre la totalidad de los nodos, puede que ésta dependa de un determinado número de vínculos sin los cuales algunos actores quedarían aislados de los demás. Para analizar éstas y otras situaciones similares, es preciso estudiar una propiedad conocida como la conectividad de un grafo.

Si llamamos **paseo** o **camino** (*walk*) a toda secuencia de líneas y nodos en la que cada nodo es incidente con las líneas que le siguen y le anteceden en la secuencia (Wasserman y Faust, 1994),³⁸ se considera que un grafo está conectado cuando existe al menos un camino para conectar a cada uno de los pares de nodos del mismo. Nos encontramos, por tanto, con un grafo desconectado cuando éste no cumple la propiedad anterior. A su vez, se denomina componente –o subgrafo conectado– a un grupo de nodos conectados entre sí que forma parte de un grafo desconectado de mayor tamaño. Es decir, todo grafo desconectado está formado por diferentes componentes o subgrafos aislados.

La **conectividad de un grafo** es una función que mide si éste sigue conectado a medida que se van eliminando nodos o líneas de las ya existentes. Esta función da información acerca de la robustez de la red o del nivel de cohesión entre los actores que la forman, de manera que los grafos con mayores conectividades representan a redes más cohesionadas. A su vez, partiendo del concepto de conectividad, se pueden analizar otras medidas relacionadas.

En primer lugar, y realizando un análisis por separado de los actores y de los vínculos, se puede estudiar qué nodos son considerados puntos de corte y qué vínculos son conocidos como puentes. Se considera que un nodo determinado es un **punto de corte** si el número de componentes del grafo en el que se encuentra es menor que el número de componentes del subgrafo que resultaría de su eliminación. O sea, que se trata de un actor necesario para mantener la conectividad del grafo; es decir, que si lo eliminamos el grafo deja de estar conectado para estar desconectado en varios componentes. Por otro lado, un vínculo concreto es un **puente** si el grafo que lo contiene tiene menos componentes que el subgrafo que resultaría de su eliminación y, por lo tanto, se trata de una línea necesaria para mantener la conectividad del grafo.

³⁸ Sobre la base de este concepto, Wasserman y Faust (1994) detallan otros cuatro términos relacionados con la conectividad de los grafos: (1) un sendero (*trail*), es decir, un paseo en el que todas las líneas son diferentes, aunque algunos nodos pueden incluirse más de una vez en él; (2) un camino (*path*), que se trata de un paseo en el que todas las líneas y los nodos son diferentes; (3) un paseo cerrado (*closed walk*), o paseo donde se empieza y se termina por el mismo nodo; y (4) un ciclo (*cycle*), o paseo cerrado con al menos tres nodos y líneas distintos.

Para estudiar la conectividad global de una red formada por varios componentes, habitualmente se suele analizar cómo están organizados los nodos: cuántos componentes separados la forman, cuántos nodos se encuentran en el componente de mayor tamaño, cuántos nodos forman el segundo mayor componente, cuántos nodos están aislados –sin ningún vínculo– y, finalmente, qué proporción representa cada uno de estos grupos de nodos respecto del total de la red.

Por último, para medir el grado de conectividad de un grupo de nodos que forman un solo componente, se pueden emplear dos medidas: la **conectividad nodal**, que es el número mínimo de nodos que habría que eliminar para convertir a un grafo conectado en uno desconectado; y la **conectividad axial** o **lineal**, que mide el mínimo número de líneas que se deben eliminar para desconectar un grafo conectado. Finalmente, y también desde una perspectiva global, se pueden buscar los **grupos de corte** (*cutsets*), es decir, los grupos de nodos necesarios para mantener la conectividad del grafo, con el fin de cuantificarlos e identificar su posición en la red.

4. Accesibilidad y distancia

En ocasiones no basta con estudiar la conectividad en una red, sino que resulta imprescindible también saber de qué forma y a qué distancia los nodos del grafo son accesibles unos a otros. Para ello se estudian una serie de medidas tanto individuales como globales relacionadas con la propiedad de accesibilidad y distancia entre los nodos.

Se considera que un nodo es accesible por otro cuando existe un conjunto de vínculos mediante las cuales es posible trazar un camino entre los dos, pasando, en caso de no haber vínculo directo, por otros nodos intermedios. Dicho con otras palabras: un nodo es accesible por otro cuando ambos están interconectados o pertenecen al mismo componente. Por otro lado, si llamamos **geodésica** al camino más corto entre dos nodos cualesquiera de un grafo, entonces la distancia geodésica o, simplemente, **distancia entre dos nodos** es la longitud de la geodésica entre ambos; mientras que el **diámetro de un grafo** será la distancia más grande de todos los pares de nodos del grafo.

Desde una perspectiva individual, es posible analizar una variable conocida como **excentricidad de un nodo** midiendo la distancia más larga de las que éste tiene con el resto de nodos del grafo; mientras que, de forma conjunta, aparte del diámetro, se puede analizar la **distancia media** y la variabilidad en las distancias. A este respecto,

hay que tener en cuenta que cuanto mayores sean las distancias en un grafo, más tiempo tardará en difundirse el objeto de transmisión de las relaciones. Asimismo, en cuanto a la variabilidad en las distancias, ésta puede ser un importante indicativo de las desigualdades inherentes en el grafo.

Pero más allá de la distancia entre nodos, también puede resultar interesante analizar las diferentes formas de accesibilidad entre actores estudiando el número de posibles caminos que pongan en contacto a dos nodos. De esta forma, hay tener en cuenta que el hecho de que dos actores estén conectados con distancias cortas o de poca longitud puede ser debido a que mantengan relaciones más fuertes, sin embargo, los actores que están conectados varias veces –a través de diferentes caminos, es decir, empleando distintos intermediarios– pueden tener lazos aún más fuertes entre ellos. Su conexión puede también estar menos sujeta a interrupciones y, por lo tanto, ser más estable y fiable en este sentido (Hanneman y Riddle, 2005).

Finalmente, también se puede emplear la variable **alcance**. Esta variable muestra la distancia a la que se encuentran todos los nodos de una red, pero, a diferencia de la distancia media el alcance tiene en cuenta, para cada nodo, no solo la distancia a la que se encuentran el resto de miembros de la red, sino también el número de nodos accesibles por él (Schilling y Phelps, 2007). Para calcularla se procede del siguiente modo:

$$Alcance = \frac{\left[\sum_n \sum_j \frac{1}{d_{ij}} \right]}{n-1}$$

Donde:

d_{ij} es la mínima distancia desde el nodo i hasta el nodo j , cuando $i \neq j$

n es el número de nodos de la red.

2.4.2. Propiedades de centralidad, centralización, prestigio y poder

Para analizar las diferentes posiciones que los nodos ocupan dentro de un grafo, resulta imprescindible emplear una nueva característica de las redes sociales: la

centralidad.³⁹ Esta propiedad estructural estudia cómo algunos nodos destacan del resto; y, por ello, hace referencia a las desigualdades estructurales entre nodos que condicionan el poder de unos sobre otros.

Un individuo no tiene poder de forma aislada, sino sólo en relación con otros individuos. De hecho, como recuerda De Ugarte (2007a), tras toda estructura de información se esconde una estructura de poder, y, por lo tanto, si se quieren comprender las estructuras de poder que unos individuos ostentan sobre otros, debemos analizar las propiedades estructurales de sus relaciones. Más concretamente, las propiedades de centralidad y centralización.

Con el fin de estudiar de forma sistemática la centralidad y centralización, a continuación se emplea una clasificación similar a la propuesta tanto por Wasserman y Faust (1994) como por Hanneman y Riddle (2005). Según estos autores, se pueden distinguir cuatro formas distintas de observar la centralidad: (1) la centralidad de grado, (2) la de cercanía, (3) la de grado de intermediación y (4) la de flujo o de información.

1. Centralidad de grado

El estudio de la centralidad de grado considera que el poder de cada nodo dentro de una red está en función del número de vínculos que éste posea, de forma que cuantos más vínculos tenga un nodo determinado, más poder tendrá sobre el resto. El origen de este poder viene determinado por el nivel de dependencia de unos actores sobre otros. Supuestamente, cuantos más vínculos tenga un nodo, menos dependiente será del resto y más dependerá el resto de él, lo que inevitablemente le conferirá más poder.

Como recuerdan Hanneman y Riddle (2005), los nodos de mayor grado tienen acceso a más recursos y, por tanto, pueden conseguir más del conjunto de la red. Al tener más vínculos, estos nodos actúan en muchas ocasiones como terceros, permitiendo intercambios entre otros nodos y pudiéndose beneficiar de esa posición. Por ello, una medida simple aunque efectiva de la centralidad de un actor y de su poder potencial es su grado.

³⁹ Se denomina *centralidad* al estudio de esta medida para un nodo concreto; cuando se calcula para la totalidad de una red, habitualmente se denomina *centralización*.

Esta centralidad se puede analizar desde dos perspectivas: de forma separada, estudiando a cada uno de los actores; o conjuntamente, observando la centralización de la totalidad de la red.

Para estudiar la **centralidad de grado de un actor** basta con medir su grado y compararlo con el resto. Sin embargo, para analizar la **centralización de grado de un grafo** completo o de un subgrafo, el proceso puede ser más variado: para empezar se pueden sacar conclusiones estudiando la distribución de grado y la variabilidad de estos datos y así observar la distribución del poder dentro de la red. Además, pueden resultar interesantes las medidas de centralización que estudian el grado de desigualdad de una red expresado como un porcentaje de una red estrella del mismo tamaño.

De forma general, se procede de la siguiente manera:

Si consideramos que $g(v_i)$ es el grado del nodo v_i y, por lo tanto, que

$C(v_i) = \frac{g(v_i)}{n-1}$ es la centralidad de grado de dicho nodo;

v^* es el nodo de la red con mayor centralidad de grado, que será igual a 1;

entonces, se puede aplicar el cálculo de la centralidad a un grafo con n nodos calculando la centralización (CG) del siguiente modo: $CG = \sum_n [C(v^*) - C(v_i)]$

CG tomaría su valor máximo en el caso de una red estrella en la que un único nodo central conecta directamente con todos los demás nodos, mientras que todos los demás nodos tienen solamente un vínculo con el nodo central (véase Gráfico 2.3a). Este valor será:

$$CG_{estrella} = \sum_n [C(v^*) - C(v_i)] = (n-1) \left(1 - \frac{1}{n-1} \right) = n-2.$$

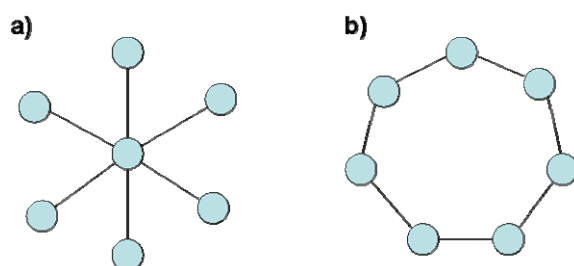
Por lo tanto, la centralización de un grado medida como porcentaje sobre el grafo estrella será:

$$C = \frac{\sum_n [C(v^*) - C(v_i)]}{n-2}$$

Es interesante tener en cuenta que en la red en forma de estrella (Gráfico 2.3a) se observa cómo el nodo central es menos dependiente del resto y, por lo tanto, más autónomo y poderoso. En este tipo de redes, la distribución de poder es completamente

desigual. En el otro extremo (Gráfico 2.3b), nos encontramos con una red circular en la que la distribución de poder es absolutamente equitativa, ya que todos los nodos tienen exactamente el mismo número de vínculos (concretamente dos). Al comparar la centralización de una red dada con la red estrella del mismo tamaño, se puede observar el grado de cercanía de nuestra red respecto a la situación de mayor desigualdad de poder representada por la red estrella.

Gráfico 2.3: Red estrella y red circular



Fuente: elaboración propia.

Este valor varía entre cero, para un grafo circular –es decir, para un grafo con una distribución de poder completamente equitativa–, y uno, para un grafo estrella –o sea, para un grafo cuya distribución de poder es completamente desigual–. De esta forma, cuanto más cercano a uno sea el valor de la centralización, se puede afirmar que más concentrado y, por tanto, más desigual será el reparto del poder y la influencia en una red.

2. Centralidad de cercanía

Para estudiar la centralidad de cercanía se deben analizar las longitudes de los paseos que unen a los nodos de un grafo. Esta perspectiva parte, por tanto, de la siguiente consideración: los actores que son capaces de alcanzar a otros en longitudes de paseos más cortas y son más accesibles por otros en menos pasos, tienen posiciones favorables sobre el resto (Hanneman y Riddle, 2005). Desde el punto de vista de la cercanía, estos actores ocuparán posiciones más centrales en el conjunto de la red y, por ende, ostentarán más poder. La centralidad de cercanía representa la independencia o capacidad de llegar a muchos de los otros miembros directamente, es decir, sin apoyarse en intermediarios (Sanz Menéndez, 2003).

Al igual que el anterior, este tipo de centralidad también se puede medir para un actor o para un grafo. La **centralidad de cercanía de un actor** es la suma de las distancias geodésicas que le separan de todos los otros actores con los que está directa o indirectamente conectado. Por otro lado, la **centralización de cercanía de un grafo**, al estudiar el conjunto de una red, analiza la distribución de los resultados individuales. De esta forma, y al igual que en el caso de la centralización de grado, resulta interesante comparar los datos de una red dada con los que presentaría una red estrella del mismo tamaño.

3. Centralidad de grado de intermediación

El tercer aspecto de la centralidad puede observarse analizando los nodos que actúan como intermediarios en las relaciones entre otros. Así, podemos considerar que un actor tendrá una elevada centralidad de grado de intermediación si se encuentra entre muchos otros actores vía sus geodésicas. La centralidad del grado de intermediación, por tanto, ve al actor con una posición favorable en la medida en que está situado en caminos geodésicos que unen a otros pares de actores en la red. Como apunta Hanneman y Riddle (2005), cuantos más actores dependan de uno para hacer conexiones entre ellos, más poder tendrá éste. Dicho con otras palabras, la centralidad de grado de intermediación de un actor representa el control de los flujos de otros actores y su capacidad de restringirla (Sanz Menéndez, 2003).

De esta forma, la **centralidad de grado de intermediación de un actor** se mide a través de la suma de las probabilidades de que dicho actor esté presente en todas las geodésicas de los demás actores del grafo. Por otro lado, la **centralización de grado de intermediación de un grafo** se obtiene al comparar todos los resultados individuales con los que presentaría un grafo estrella del mismo tamaño.

Esta medida se considera por varios autores como la más útil para estudiar la centralización de un grafo; sin embargo, presenta un importante inconveniente: asume la equiprobabilidad de las geodésicas entre actores. Es decir, parte del supuesto de que, dados dos actores conectados a través de más de una geodésica, la probabilidad de que éstos elijan una de ellas para ponerse en contacto es igual a la de que elijan cualquier otra. Esto supone, dicho con otras palabras, que para contactar con otro individuo, los

miembros de una red considerarán la elección entre un intermediario u otro como algo completamente irrelevante.

4. Centralidad de flujo o de información

Como respuesta al problema de la equiprobabilidad de las geodésicas, se considera que los flujos de recursos en cada lazo determinarán cuáles son los caminos más probables. Es decir, según esta perspectiva, los actores elegirán una geodésica u otra en función de los flujos presentes en ellas, de esta forma, se puede calcular la centralidad de grado de intermediación de una manera más ajustada a la realidad.

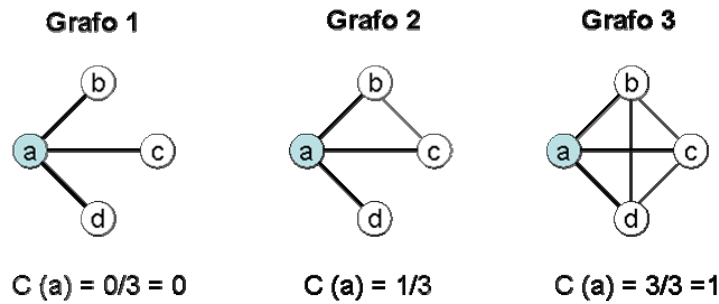
Por lo demás, tanto el cálculo, como la interpretación de esta medida se hacen de la misma manera que para el caso de la centralización de grado de intermediación.

2.4.3. Propiedades de cohesión o agrupamiento

La cohesión en una red es una propiedad que estudia el grado de intensidad con el que sus nodos están unidos entre sí, es decir, el nivel de agrupamiento presente en el conjunto de una red. Esta propiedad no se puede analizar de forma individual y separada para cada actor, sino únicamente de manera conjunta o agregada.

Para estudiar la cohesión o agrupamiento dentro de una red, conviene recordar el indicador propuesto por Watts y Strogatz (1998): el **coeficiente de agrupamiento**. Esta medida se obtiene de la siguiente forma: en primer lugar se calcula, para cada nodo de la red, su grado de interconexión o agrupamiento con los nodos que forman su entorno directo. Es decir, dado un nodo cualquiera se calcula el cociente entre el número de vínculos que existen entre todos los nodos que forman su entorno (o sea, aquellos con los que tiene contacto directo) y el número máximo de vínculos que podría existir entre ellos si todos los miembros del grupo estuvieran directamente conectados con todos (véase Recuadro 2.4). El coeficiente de agrupamiento de un grafo se obtiene como el promedio de los coeficientes de agrupamiento de todos sus nodos.

Recuadro 2.4: Cálculo del coeficiente de agrupamiento de un actor



El coeficiente de agrupamiento del actor a , $C(a)$, se define como el cociente entre el número de vínculos existentes entre los contactos de a (actores b , c y d) y el número de máximo de vínculos posibles entre b , c y d , que, lógicamente, será igual a tres:

1. En el primer grafo, al no haber ningún vínculo entre b , c y d , $C(a) = 0/3 = 0$;
2. En el segundo caso, existe sólo un vínculo entre los contactos de a –concretamente entre b y c – y, por ello, el coeficiente de agrupamiento $C(a) = 1/3$;
3. Finalmente, en el grafo 3, los tres contactos de a están plenamente interconectados, por lo que $C(a) = 3/3 = 1$.

De forma genérica, para un nodo n con k_n nodos en su entorno, el máximo de líneas que podrán existir entre los nodos del entorno de n será igual a $k_n(k_n - 1)/2$. Si el número de líneas que realmente existen entre los k_n nodos del entorno es igual a l_n , entonces el coeficiente de agrupamiento para el nodo n será igual al cociente entre l_n y $k_n(k_n - 1)/2$; es decir $C(n) = 2l_n / k_n(k_n - 1)$.

Fuente: elaboración propia.

Empleándolo correctamente, se puede observar que las redes con un coeficiente de agrupamiento elevado están formadas por diferentes núcleos de nodos cercanos con muchos vínculos recíprocos entre ellos. A medida que el coeficiente de agrupamiento disminuye, observamos cómo los grupos que forman la red en cuestión se disgregan y sus fronteras aparecen cada vez menos nítidas, por lo que los niveles de cohesión interna disminuyen.

Ahora bien, en ocasiones resulta interesante no sólo observar el nivel de cohesión del total de la red, sino también detenerse en analizar la existencia de grupos de nodos con mayores niveles de cohesión interna que el resto con el fin de comprender cuál es su frecuencia y su tamaño, cómo es la proporción que éstos representan con respecto al conjunto del grafo o, simplemente, identificar qué nodos los forman, y cómo evolucionan en el tiempo.

El primer concepto que resulta necesario definir para estudiar la cohesión desde esta perspectiva es el de **grupo cohesivo** o **clique**. Un grupo cohesivo es un subconjunto de actores que están más fuertemente conectados mutuamente de lo que lo están con otros nodos que no forman parte del grupo (Hanneman y Riddle, 2005). Se trata, por tanto, de actores unidos entre sí por lazos relativamente más fuertes, directos, intensos o frecuentes (Wasserman y Faust, 1994).

Un grupo cohesivo puede presentar las siguientes cuatro características: (1) elevada reciprocidad de los lazos, (2) elevada cercanía entre los miembros, (3) alta frecuencia de los vínculos entre ellos y (4) mayor frecuencia de los lazos entre los miembros del grupo que entre los miembros y los nodos externos al grupo. En función de estas cuatro características, Wasserman y Faust (1994) distinguen a su vez cuatro tipos de grupos cohesivos:

1. Grupos basados en la reciprocidad completa

En un primer acercamiento a los cliques, se puede partir considerando que un grupo cohesivo debe mantener una interconexión total de sus miembros. Así, en esta categoría se considera que un clique está formado por un grupo de nodos completamente interconectados, es decir, por un grupo en el que todos sus miembros tienen vínculos directos con todos los demás. Como se puede observar, ésta es la modalidad de grupo más cohesionada y agrupada que nos podemos encontrar dentro de una red.

2. Grupos basados en la cercanía

El hecho de que cada miembro de un clique deba estar conectado a cualquier otro miembro es una definición demasiado estricta de lo que se entiende por un grupo. En definitiva, puede que no todos los miembros de un subgrupo estén directamente vinculados entre ellos pero sí estén unidos por caminos relativamente cortos, es decir, tengan una elevada cercanía. Desde esta perspectiva nos encontramos con tres formas de definir un grupo cohesivo:

- **N-clique:** se trata de un subgrupo en el que la máxima distancia entre cualquier par de nodos es siempre inferior a n . A medida que aumenta n ,

lógicamente, el nivel de cohesión disminuye al crecer la distancia entre sus miembros.

- **N-clan:** en este caso, el subgrupo está formado por un n -clique en el que todos los caminos que ponen en contacto a sus miembros emplean como intermediarios únicamente a miembros del subgrupo.
- **N-club:** se trata del máximo subgrafo de diámetro n .

3. Grupos basados en el grado

Para definir a un grupo cohesivo, en este caso se puede observar también el grado de sus nodos. Según esta perspectiva, se pueden distinguir los siguientes grupos:

- **K-plex:** está formado por un grupo de g nodos cuyo grado es mayor o igual a $g-k$. Es decir, es un grupo en el que todos sus miembros tienen lazos con los demás excepto con k otros miembros del grupo. Como recuerda Hanneman y Riddle (2005), en vez de las agrupaciones grandes y concatenadas, que en ocasiones genera el análisis n -clique, la perspectiva del k -plex tiende a encontrar números relativamente grandes de pequeñas agrupaciones de individuos.
- **K-core:** se trata de un subgrafo donde cada nodo tiene lazos directos con al menos un número k de otros nodos miembros del grupo.

4. Grupos basados en la comparación con el resto de la red

Por último, resulta interesante definir los grupos cohesivos analizando sus vínculos comunes en comparación con los que se mantienen en el resto de la red. Según esta perspectiva nos encontramos con:

- **LS set:** es un grupo de S nodos en el que cada uno de los subgrupos que lo forman mantiene más vínculos con los S nodos del grupo que con los nodos externos a S .
- **Lambda set:** un conjunto N de nodos es un lambda set si cualquier par de sus miembros presenta una mayor conectividad lineal que cualquier par de nodos formado por uno perteneciente a N y otro no perteneciente al grupo N .

2.4.4. Propiedades de equivalencia (posición y rol)

Finalizamos la descripción de las propiedades estructurales de las redes explicando las características que se usan para comparar nodos y grupos de nodos entre sí. Se dice que dos actores son equivalentes cuando comparten la misma forma de relacionarse con el resto, es decir, cuando desempeñan el mismo rol social o posición (Hanneman y Riddle). La propiedad de equivalencia en una red se observa al analizar de forma comparativa la posición que ocupan los nodos dentro de la estructura de una red. Este tipo de análisis nos permite comprender la posición y el rol que los distintos nodos ocupan en el conjunto de la red; o, como dicen Hanneman y Riddle, nos permite agrupar a los actores más similares y explicar qué es lo que los hace similares.

La similitud o equivalencia se puede entender de distintas formas en función de la perspectiva que se emplee –se pueden comparar vínculos, relaciones, nodos, grupos de nodos o incluso grafos completos– o de las propiedades estructurales que se incluyan en el análisis comparativo y, al igual que con otras características de las redes sociales, el investigador puede centrarse en observar la existencia o no de equivalencia o estudiar el nivel de equivalencia.⁴⁰

Una vez resumidas las propiedades estructurales de las redes sociales (véase Cuadro 2.2), en el apartado siguiente trataremos de aplicar estas propiedades para ofrecer unas pautas de medición del capital social.

⁴⁰ En función de estos criterios, según Wasserman y Faust (1994) hay cuatro formas de entender la similitud o equivalencia: equivalencia isomórfica, equivalencia estructural, equivalencia regular y equivalencia de rol. Para un análisis más detallado de las medidas de equivalencia, véase Wasserman y Faust (1994) o Hanneman y Riddle (2005).

Cuadro 2.2: Propiedades estructurales de las redes sociales

Propiedad		Descripción
Propiedades fundamentales	Tamaño	Número de nodos que forman la red.
	Grado de un nodo	Número de líneas incidentes en él.
	Densidad	Proporción de vínculos existentes sobre el máximo de vínculos posibles.
	Conectividad nodal	Número mínimo de nodos que habría que eliminar para convertir a un grafo conectado en uno desconectado.
	Conectividad lineal	Número mínimo de líneas que se deben eliminar para desconectar un grafo conectado.
	Distancia entre nodos	Longitud de la geodésica o camino más corto entre ambos.
	Diámetro de un una red	Distancia mayor de todos los pares de nodos del grafo.
Propiedades de centralidad, centralización, prestigio y poder	Centralidad de grado de un nodo	Relación entre el grado del nodo y el grado medio de la red.
	Centralización de grado de una red	Grado de similitud en la distribución de centralidades de grado de los nodos de una red determinada respecto a una red estrella del mismo tamaño.
	Centralidad de cercanía de un nodo	Suma de las distancias geodésicas que le separan de todos los otros nodos con los que está directa o indirectamente conectado.
	Centralización de cercanía de un grafo	Grado de similitud en la distribución de centralidades de cercanía de los nodos de una red determinada respecto a una red estrella del mismo tamaño.
	Centralidad de grado de intermediación de un nodo	Suma de las probabilidades de que dicho nodo esté presente en todas las geodésicas de los demás nodos del grafo.
	Centralización de grado de intermediación de una red	Grado de similitud en la distribución de centralidades de grado de intermediación de los nodos de una red determinada respecto a una red estrella del mismo tamaño.
	Centralidad de flujo de un nodo	Centralidad de grado de intermediación calculada bajo el supuesto de que los flujos de recursos en cada vínculo determinarán cuáles son los caminos más probables.
	Centralización de flujo de una red	Centralización de grado de intermediación calculada bajo el supuesto de que los flujos de recursos en cada vínculo determinarán cuáles son los caminos más probables.
Propiedades de cohesión o agrupamiento	Coefficiente de agrupamiento de un nodo	Cociente entre el número de vínculos existentes entre todos los nodos con los que tiene contacto directo y el número máximo de vínculos que podría existir entre todos ellos.
	Coefficiente de agrupamiento de una red	Promedio de los coeficientes de agrupamiento de todos sus nodos.
	Clique	Grupo de nodos en el que todos sus miembros tienen vínculos directos con todos los demás.
	N-clique	Grupo en el que la máxima distancia entre cualquier par de nodos es siempre inferior a n.
	N-clan	Grupo formado por un n-clique en el que todos los caminos que ponen en contacto a sus miembros emplean como intermediarios únicamente a miembros del subgrupo.
	N-club	Máximo subgrafo de diámetro n.
	K-plex	Grupo en el que todos sus miembros tienen lazos con los demás excepto con k otros miembros del grupo.
	K-core	Grupo donde cada nodo tiene lazos directos con al menos un número k de otros nodos miembros del grupo.
	LS set	Grupo de S nodos en el que cada uno de los subgrupos que lo forman mantiene más vínculos con los S nodos del grupo que con los nodos externos a S.
	Lambda set	Grupo de N nodos en el que cualquier par de sus miembros presenta una mayor conectividad lineal que cualquier par de nodos formado por uno perteneciente a N y otro no perteneciente al grupo N.
Propiedades de equivalencia	Equivalencia o similitud	Comparación de la posición que ocupan los nodos dentro de la estructura de una red.

Fuente: elaboración propia.

3. Características estructurales del capital social

Tomando como punto de partida la definición de capital social explicada en el primer capítulo –el capital social es el conjunto de recursos presentes en las relaciones sociales–, en seguida surge la siguiente pregunta: ¿en qué tipo de relaciones sociales hay más recursos? Es decir, ¿cómo han de ser las relaciones entre agentes para que beneficien en mayor medida al conjunto de una sociedad? O, traducido al lenguaje de análisis de redes, ¿qué características estructurales debe presentar una red social para que proporcione mayores recursos a sus miembros mejorando así el rendimiento conjunto? Dar respuesta a estas cuestiones supone ofrecer una herramienta para el estudio empírico del capital social.

Si bien no existe una estructura de red óptima que impulse el desarrollo económico, sí se pueden encontrar evidencias empíricas acerca de algunas características estructurales o formas de red que tienen la capacidad de potenciar los rendimientos de sus miembros (Singh, 2003; Schilling y Phelps, 2007; Uzzi, 2005; Fleming *et al.*, 2007; Uzzi, 2008). De esta forma, esas características estructurales son en sí mismas capital social y, por lo tanto, serán el objeto de estudio de nuestro análisis. En el presente apartado trataremos de identificarlas y analizarlas detalladamente; estudiando cómo son y qué efectos tienen sobre el rendimiento de los agentes.

En los últimos años diversos estudios han empleado técnicas de análisis de redes sociales para mostrar la manera en la que la estructura de una red influye en el conjunto de sus miembros. Tras analizar esos trabajos, se han identificado una serie de características estructurales que mejoran los rendimientos conjuntos y, por lo tanto, impulsan el desarrollo económico. Esta influencia se observa a través de dos vías o efectos: (1) la difusión de información e innovación y (2) el impulso para la adopción de soluciones cooperativas. (Como se puede observar, estos efectos coinciden con las dos formas, identificadas en la Parte I de esta tesis, mediante las cuales el capital social reduce los costes de transacción.)

En primer lugar, en cuanto a la difusión de información, muchos trabajos se centran en estudiar cómo la estructura de una red determina el nivel y velocidad de contagio entre sus miembros. Las aportaciones realizadas provienen de distintitos ámbitos de estudio: desde la epidemiología hasta la sociología, pasando por la economía. Esta interdisciplinariedad resulta especialmente interesante ya que con ella se

concluye que la influencia de la estructura de red en la difusión se da independientemente del objeto de transmisión (modas, enfermedades o información, por poner algunos ejemplos). Haciendo referencia exclusivamente a la difusión de información, Ter Wal (2008) apunta que el análisis de redes resulta imprescindible para comprender los derrames de información y conocimientos entre agentes. De hecho, tanto Breschi y Lissoni (2003) como Singh (2003) demostraron que la fuerte localización geográfica de dichos derrames en realidad se debe a la naturaleza altamente localizada de las redes sociales.

En segundo lugar, en cuanto al impulso de las soluciones cooperativas, la mayor parte de las investigaciones se centran en estudiar cómo determinadas estructuras de red favorecen el control mutuo y, por lo tanto, aumentan la confianza en los acuerdos y desincentivan las acciones de tipo oportunista, potenciando de esta forma la cooperación entre agentes (Burt, 2000; Schilling y Phelps, 2007; Uzzi y Spiro, 2005; Crowe, 2007; Cowan y Jonard, 2008; Ter Wal, 2008).

Ahora bien, llegados a este punto cabe preguntarse: ¿qué formas o estructuras de red potencian estos dos efectos positivos para el conjunto? O sea, ¿qué caracteriza estructuralmente al capital social? Las formas o características estructurales representativas del capital social son: (1) la conectividad y densidad, (2) la descentralización, (3) el agrupamiento, (4) la distancia geodésica o cercanía estructural y (5) la combinación de elevados niveles de agrupamiento con reducidas distancias entre nodos –combinación conocida como propiedad de *mundo pequeño*–.

A continuación veremos en mayor detalle cómo son y por qué se forman esas características estructurales, así como su influencia de forma separada y conjuntamente en el rendimiento global de los miembros de una red.

3.1. Conectividad y densidad

El nivel de conectividad y de densidad de un grafo, ya explicados en el capítulo anterior, comprende a un conjunto de propiedades estructurales que influirán en el rendimiento de sus miembros dado que determinarán la facilidad de acceso entre nodos. Los grafos más conectados y más densos permitirán a sus nodos disponer de mayor número de conexiones, reduciendo la proporción de nodos o grupos de nodos aislados y aumentando la cantidad de nodos conectados a grandes componentes.

Para medir estas propiedades se pueden observar diferentes parámetros de red tales como el tamaño del gran componente y la proporción que forma dicho componente sobre la totalidad de la red.⁴¹ Asimismo, se puede estudiar la cantidad de nodos aislados y la proporción que estos nodos suponen sobre el total de nodos. Finalmente, analizando la densidad también se obtiene información acerca del grado de conexión de un grafo.

Revisaremos a continuación la forma en la que este conjunto de propiedades afecta al rendimiento de una red, distinguiendo entre su influencia sobre la difusión de información e innovaciones y sobre la tendencia hacia la cooperación entre agentes.

3.1.1. Información e innovación

Varios estudios demuestran que los niveles de conectividad y densidad de una red condicionan enormemente su capacidad de transmitir información y de fomentar los procesos de innovación. Inicialmente, el argumento es bastante sencillo: cuanto más y mejor conectados estén los miembros de una red, mejor circulará la información entre ellos ya que será accesible para un mayor número de individuos (Granovetter, 1973) y se transmitirá más velozmente y con mayor integridad y veracidad (Watts, 1999).

Asimismo, cuando la densidad es elevada –con múltiples conexiones y diferentes caminos de unión entre nodos–, la información resultará más fiable. Este argumento considera que la calidad de la información se deteriora cada vez que pasa por un intermediario, y por tanto, cuanto más directamente conectados estén los agentes –es decir, cuantos menos intermediarios haya– mejor y más fiable será la información (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008; Baker, 1984 en Burt, 2000). La multitud de lazos facilita el contraste de información con diferentes fuentes, descubriendo, en caso de error, dónde y cómo la información ha sido distorsionada (Schilling y Phelps, 2007), lo cual garantiza enormemente su veracidad. Además, cuando la conectividad es mayor, se tienden a reducir las asimetrías de información existentes entre los subgrupos de una red al permitir su accesibilidad para todos los miembros (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008).

Partiendo del concepto de derrames de información o *information spillovers*, Owen-Smith y Powell (2004) aportan un argumento más en esta línea. Los autores contemplan las conexiones sociales desde dos perspectivas: por un lado, observan

⁴¹ En el ámbito individual, también se puede observar si un nodo está o no conectado con el gran componente.

algunas conexiones como canales o tuberías cerradas que no dejan escapar la información, de forma que ésta fluye exclusivamente entre los nodos conectados. Esas redes, caracterizadas por normas y regulaciones cerradas, aseguran que la información intercambiada únicamente será accesible para los agentes interconectados. Sin embargo, hay otras conexiones sociales que, aunque pongan en contacto a diferentes nodos, lo hacen de forma difusa e imperfecta, es decir, empleando la analogía de los autores, estas conexiones gotean información facilitando los “derrames que benefician tanto a los agentes escasamente conectados como a aquellos situados en posiciones centrales de la red” (Owen-Smith y Powell, 2004: p. 5). Su estudio demuestra cómo los lazos que forman parte de una densa red de relaciones generan mayores derrames de información, lo que permite una más rápida y amplia difusión de la misma. En definitiva, vienen a corroborar que en las redes densamente conectadas se generan más derrames de información y ésta se difunde mejor entre todos sus miembros.

Más allá de la difusión de información, Monge *et al.* (2008) demuestran que la frecuencia en la adopción de innovaciones está directamente relacionada con la densidad de una red. Los autores sintetizan las conclusiones de Kohler *et al.* (2007) y Hogset (2005) recopilando cuatro mecanismos mediante los cuales las redes sociales densas afectan a la difusión de innovaciones: (1) en primer lugar, gracias al aprendizaje social o colectivo, los individuos llegan a tener conocimiento de las innovaciones que se dan en una sociedad beneficiándose de las experiencias previas en otros miembros de la red que adoptaron dichas innovaciones y reduciendo los riesgos inherentes a dicha adopción. (2) En segundo lugar, la evaluación conjunta permite a los miembros de la red reinterpretar y moderar innovaciones arriesgadas para hacerlas más realistas y significativas en un contexto local. (3) En tercer lugar, la influencia social permite la aplicación de normas sociales y actúa en las opiniones, preferencias y comportamientos que prevalecen dentro de una sociedad adecuándolas a la adopción de innovaciones. (4) Por último, las redes sociales contribuyen a afrontar las externalidades negativas y los dilemas de acción colectiva facilitando la difusión de innovaciones entre sus miembros.

Por ello, podemos afirmar que la conectividad y densidad de una red afecta positivamente al rendimiento de sus miembros al facilitar la difusión de información y fomentar la adopción de innovaciones.

3.1.2. Cooperación

No obstante, las propiedades de conectividad y densidad pueden influir también en los niveles de cooperación entre agentes. En esta línea, Burt apunta que las redes densas, en las que “casi todos sus miembros están conectados de forma que nadie puede esconderse del resto” (Burt, 2000: p. 6) tienden a reducir los comportamientos oportunistas y a impulsar la adopción de soluciones cooperativas.

Parece lógico que, cuando los miembros de una red están unidos por menos conexiones, sus lazos serán menores y, por lo tanto, su tendencia a cooperar será menor que en el caso de redes mejor conectadas con un mayor número de relaciones entre sus nodos. Redes, estas últimas en las que con más facilidad compartirán sus miembros actitudes y valores (Monge *et al.*, 2008), lo que a su vez permitirá que entre ellos haya una mayor facilidad de cooperación.

Para el conjunto de una red, esto supone que la conectividad y densidad, al reducir sensiblemente la distancia entre agentes, logra aunar valores y actitudes necesarios para mantener los niveles de confianza adecuados que permitan la colaboración entre individuos.

3.2. Descentralización

La centralización de un grafo, entendida como su grado de similitud con una red estrella del mismo tamaño, también es una propiedad que influye en el rendimiento conjunto de sus miembros.

El razonamiento es el siguiente: cuando los niveles de centralización son elevados, una gran proporción de conexiones pasan por un número reducido de nodos (núcleos o conectores, según Barabasi, 2002) que resultan muy útiles para mantener conectada a la red al servir como intermediarios en gran parte de las relaciones. No obstante, estos nodos centrales tienden a ostentar un gran poder ya que aglutinan gran parte de la actividad en ellos mismos, lo que genera una gran dependencia del resto de miembros hacia ellos. Esto supone una mayor vulnerabilidad de la red que podría llegar a colapsarse en caso de que desaparecieran esos intermediarios (Grabher, 2006).

Dicha dependencia podrá tener efectos negativos tanto en la difusión de información e innovaciones, como en la tendencia hacia la cooperación. Por ello, la

característica estructural que haría mejorar el rendimiento de los agentes y, por tanto, que se podría identificar con el capital social, sería la reducida centralización o descentralización de una red.

3.2.1. Información e innovación

La influencia de la descentralización en la difusión de información e innovación dentro de una red puede depender del grado de conectividad que ésta presente. Cuando los niveles de conectividad son reducidos, los nodos centrales tienden a mejorar la conexión entre sus miembros, lo cual, mejora la difusión de información tal y como se ha visto en el apartado anterior. Sin embargo, cuando la red aparece adecuadamente conectada y la centralización es elevada, la actividad tiende a estar distribuida de forma excesivamente desigual, concentrada en un número reducido de nodos centrales, lo que llevará a un aumento en la homogeneidad de la información que circula por la red, haciendo que la calidad de la misma sea menor. Esto influirá a su vez negativamente en los procesos de innovación.

En el otro extremo, redes altamente descentralizadas, con varios núcleos de actividad separados y un reparto más homogéneo de las conexiones entre agentes, permitirán el acceso a información más heterogénea con fuentes no redundantes de información (Granovetter 1973; Burt, 2000), lo cual, a su vez, facilitará enormemente la difusión de nuevas ideas (Stone, 2003; Schilling y Phelps, 2007; Monge *et al.*, 2008), evitando de esta forma el estancamiento colectivo (Ter Wal, 2008).

3.2.2. Cooperación

La influencia de la descentralización en los niveles de cooperación dentro de una red se puede razonar de una forma similar al caso anterior: cuando una red presenta alta desconexión, entonces los nodos centrales que sirven para aglutinar a muchos grupos desconectados pueden actuar como árbitros en caso de malentendidos o conflictos entre ellos, por lo que también facilitan el mantenimiento de la confianza global por esta vía (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008). De esta forma, al mantener la confianza entre agentes, estos nodos facilitan significativamente la adopción de soluciones cooperativas.

No obstante, cuando los miembros de una red ya están adecuadamente conectados, la estructura óptima para facilitar la cooperación podría no ser tanto una centralizada en la que unos pocos nodos actúan como conectores de la red, sino más bien otra en la que aparezcan múltiples conexiones alternativas entre miembros; es decir, una estructura más descentralizada donde resulte más difícil esconder los eventuales comportamientos oportunistas y las motivaciones a la cooperación provengan de diversos miembros de la red.

Por ello, podemos concluir que la reducida centralización será la segunda propiedad estructural del capital social que facilitará una adecuada difusión de información y fomentará la cooperación entre agentes.

3.3. Agrupamiento

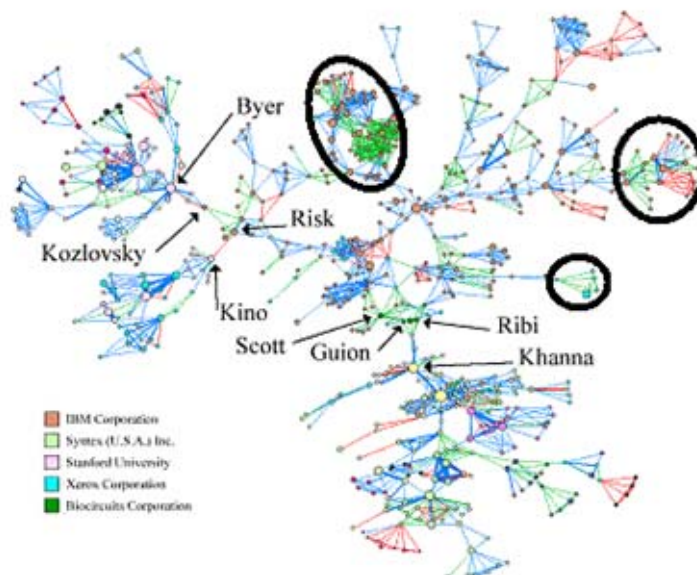
Al dibujar el mapa de una red social, a menudo aparecen grupos de agentes fuertemente cohesionados, es decir, conjuntos de nodos cuyo coeficiente de agrupamiento es muy superior al coeficiente de agrupamiento medio de la totalidad de la red (véase Gráfico 2.4). Dentro de estos grupos cohesivos –también llamados núcleos o clusters–, la densidad de los contactos es muy elevada, por lo que necesariamente nos encontraremos con un gran número de tríadas de agentes o lazos recíprocos entre individuos. La alta densidad interna provoca que los lazos que unen a los miembros del cluster entre sí sean más fuertes y de mayor duración que aquellos que unen al cluster con otros grupos de agentes externos.

La presencia de lazos que permiten el fuerte agrupamiento en estos grupos cohesivos de agentes presenta grandes similitudes con el capital social vinculante o *bonding social capital*. Este tipo de capital social, que se identifica con los lazos fuertes entre individuos (Sabatini, 2005), tiende a reforzar los grupos homogéneos y las identidades excluyentes. Por ello, aunque ayuda a consolidar la reciprocidad y a activar la lealtad y solidaridad dentro de un grupo, al mismo tiempo puede generar un fuerte antagonismo hacia el exterior (Putnam, 2002; Lin, 2005).

Varios mecanismos o pautas de comportamiento explican la tendencia a la formación de núcleos o subgrupos dentro de una red. En primer lugar, según el criterio de similitud o cercanía estructural los agentes tienden a interactuar más intensamente y más frecuentemente con otros agentes con los que comparten algún tipo de

característica, ya sean gustos y aficiones o capacidades tecnológicas (Saxenian, 1994; Baum *et al.* 2003 y Rosenkopf y Almeida, 2003 en Schilling y Phelps, 2007). Por otro lado, en virtud del criterio de complementariedad (Schilling y Phelps, 2007), los miembros de una red tienden a intensificar sus contactos con aquellos con los que se complementan más y encajan mejor en determinados aspectos. Finalmente, como indican Cowan y Jonard (2008), dentro de una red, y con el fin de reducir los riesgos inherentes a las interacciones sociales, los individuos muestran una tendencia a relacionarse bien con antiguos contactos, fortaleciendo así los lazos previos, o bien con los contactos de contactos, creando de esta forma relaciones triádicas.

Gráfico 2.4: Red de colaboración de empresas en Silicon Valley (1986-90) (*)



(*) Este grafo elaborado por Fleming *et al.* muestra la estructura de las relaciones de colaboración para la investigación entre empresas de Silicon Valley. Hemos marcado tres ejemplos diferentes de grupos cohesivos de empresas para las que se observa cómo la densidad de los contactos que mantienen entre ellas es muy superior a la de los contactos que mantienen con el resto.

Fuente: Fleming *et al.* (2007).

Para medir el nivel de agrupamiento en una red se pueden emplear diferentes indicadores (véase el apartado 2.4.3 de este capítulo para más detalle). En primer lugar, se puede analizar el número, proporción y tamaño de grupos cohesivos basados en la reciprocidad, cercanía o frecuencia de los contactos frente al conjunto de la red. Sin

embargo, la mayor parte de los trabajos empíricos analizados emplean para ello el coeficiente de agrupamiento medio propuesto por Watts y Strogatz.

Pero más allá de las razones que puede haber detrás de la formación de grupos cohesivos o de la forma en la que éstos se pueden descubrir y calibrar, su existencia presenta una serie de efectos positivos sobre el rendimiento conjunto de los miembros de una red. Efectos que se dan tanto de forma separada y exclusiva para los agentes que forman cada cluster, como globalmente para la totalidad de la red. A continuación veremos detalladamente cuáles son y por qué se dan esos efectos.

3.3.1. Información e innovación

Diversos estudios demuestran que un elevado nivel de agrupamiento en clusters por un lado incrementa sensiblemente la capacidad de transmisión de información y por otro, facilita la adopción y difusión de innovaciones. Esto se debe, en primer lugar, a que dentro de cada uno de los grupos la información llega más fácil y rápidamente a sus miembros: si la transmisión de información y conocimientos se hace más complicada y lenta cuando las distancias sociales –es decir, el número de intermediarios– entre los individuos son mayores, cuantas más conexiones haya dentro de un grupo de agentes, más rápido pasará la información de unos a otros (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008; Schilling y Phelps, 2007).

En segundo lugar, la elevada densidad hace más fiable la información al reducir el número de intermediarios (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008; Baker, 1984 en Burt, 2000) y al facilitar el contraste de información con diferentes fuentes, descubriendo, en caso de error, dónde y cómo la información ha sido distorsionada (Schilling y Phelps, 2007).

Además, una gran cohesión pone en juego una serie de efectos de reputación entre agentes del mismo grupo que influyen en la difusión de información de la siguiente forma: el comportamiento de un supuesto agente que esconde, tergiversa o distorsiona la información a la que tiene acceso será descubierto y sancionado con más facilidad en las redes más densas; por ello, los efectos de reputación incentivarán a los actores pertenecientes a clusters de elevada cohesión interna a transferir adecuadamente la información y conocimiento (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008).

Otros trabajos hacen especial hincapié en los conocimientos de tipo tácito o no codificados. Como Fritsch y Kauffeld-Monz (2008) recuerdan, a diferencia de la información, el conocimiento puede ser de naturaleza tácita (es decir, no codificado), depender totalmente de su contexto y requerir determinadas capacidades para ser adquirido. Además, el conocimiento tácito sólo puede estar en posesión de personas, por lo que su transmisión requiere contactos personales cara a cara entre individuos.

A este respecto, los lazos característicos de los clusters –lazos fuertes– facilitan la difusión de este tipo de conocimientos tácitos o no codificados (Monge *et al.*, 2008; Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008) así como la información de mayor complejidad (Hansen, 1999); de esta forma, las estructuras densas impulsan los procesos de aprendizaje colectivo que requieren flujos de información por canales informales. Relaciones fuertes, directas y cercanas facilitan al receptor de información, ponerse en contacto y consultar con el emisor para aclarar dudas y corregir posibles errores en su comprensión inicial (Fleming *et al.*, 2007). Además, este tipo de lazos tienen especial relevancia en entornos de elevado riesgo e incertidumbre ya que, en estos entornos difíciles, los actores sólo compartirán información relevante con aquellos con los que estén unidos por lazos fuertes (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008).

La densidad interna de los grupos cohesivos aumenta también la difusión de interpretaciones alternativas a los problemas comunes que se presentan, profundizando el conocimiento colectivo y estimulando la aparición de soluciones a dichos problemas (Powell y Smith-Doerr, 1994 en Schilling y Phelps, 2007). El desarrollo de una serie de conocimientos compartidos dentro de un grupo facilita la comunicación así como el aprendizaje futuro (Brown y Duguid, 1991; Powell *et al.*, 1996 en Schilling y Phelps, 2007).

Según Monge *et al.*, en el seno interno de los clusters actúan dos mecanismos que, combinados, impulsan enormemente la adopción de innovaciones: por un lado, la elevada densidad de relaciones permite a sus miembros realizar comparaciones directas entre ellos; por otro lado, la fuerte cohesión interna genera una camaradería o sentimiento de pertenencia al grupo que impone cierta presión social para la adopción de actitudes y comportamientos comunes. Debido a la combinación de estos dos mecanismos (comparación y comportamientos comunes), cuanto mayor sea la densidad interna de un grupo, mayor será la influencia y la similitud de sus miembros, lo que facilitará enormemente la adopción y difusión de innovaciones.

En conclusión, como muestran los estudios empíricos presentados, se puede afirmar que, a través de diferentes mecanismos, un elevado nivel de agrupamiento en distintos grupos cohesivos o clusters incrementa sensiblemente la capacidad de transmisión de información y facilita la adopción y difusión de innovaciones.

3.3.2. Cooperación

Como hemos visto antes, la densidad facilita la cooperación entre nodos. Ahondando en este argumento, los grupos de nodos altamente conectados entre sí, con mayores niveles de densidad que el resto de la red, tienden a reducir los comportamientos oportunistas entre ellos y a impulsar la cooperación.

Varios estudios concluyen que esto es debido a que su elevada cohesión interna facilita la creación de un sistema de autogobierno y vigilancia mutua a través de sanciones efectivas que desincentivan los comportamientos oportunistas e impulsan la confianza y la reciprocidad interna. Este aumento de la confianza reduce sensiblemente el riesgo inherente a la adopción de soluciones colaborativas por lo que necesariamente acaba por impulsar la cooperación entre agentes⁴² (Granovetter, 1985; Burt, 2000; Schilling y Phelps, 2007; Uzzi y Spiro, 2005; Crowe, 2007; Cowan y Jonard, 2008; Ter Wal, 2008).

3.3.3. Nivel óptimo de agrupamiento

Aunque el elevado agrupamiento mejora el rendimiento conjunto de una red, una excesiva densidad y cohesión interna de los clusters puede llegar a frenar sus efectos positivos. Según varias investigaciones, cuando el agrupamiento es excesivo, sus efectos pueden derivar en una gran homogeneidad, recirculación y redundancia de la información compartida dentro del grupo (Granovetter 1973; Uzzi y Spiro, 2005; Fleming *et al.* 2007; Uzzi, 2008).

En caso de que los grupos sean capaces de generar niveles significativos de información y conocimientos originales como parte de su trabajo de investigación, el

⁴² Además, Cantner *et al.* (2008) recuerdan que la reducción de comportamientos oportunistas influye positivamente en la difusión de información ya que el primer requisito para que dos actores intercambien información entre ellos es la existencia de conocimiento y confianza mutua. Este mecanismo viene a afianzar el anterior efecto del elevado agrupamiento.

grupo se beneficiará de la fluida comunicación interna propiciada por el alto agrupamiento más que de posibles conexiones externas. Sin embargo, en la medida en que un grupo no es capaz de generar la información necesaria internamente, el agrupamiento se vuelve menos eficiente (Fleming *et al.*, 2007). Esta falta de apertura hacia nuevas perspectivas dificulta, inevitablemente, la aparición de ideas diferentes, por lo que merma la innovación y la creatividad conjunta (Fleming *et al.* 2007; Graf, 2007; Uzzi, 2008).

Además, demasiada cohesión –medida a través de la frecuencia de relaciones triádicas– puede frenar la eficiencia en la colaboración interna entre agentes de un grupo, lo cual sucede cuando determinados aspectos sociales, como los sentimientos de obligación hacia las relaciones cercanas, se anteponen a los aspectos prácticos. De esta forma, por ejemplo, algunos clusters, con el único fin de preservar el espacio a los conocidos y amigos, pueden llegar a frenar la entrada de agentes nuevos, más eficientes y productivos (Uzzi, 2008) reproduciendo –y no ampliando– los conocimientos y prácticas comunes (McPherson *et al.*, 2001 en Uzzi, 2008).

En conclusión, algunos autores (Uzzi y Spiro, 2005; Fleming *et al.*, 2007; Uzzi, 2008) consideran que los efectos del elevado agrupamiento pueden ser tanto positivos como negativos en función del nivel de cohesión que se alcance dentro de un grupo. Es decir, que un determinado nivel de agrupamiento –o nivel óptimo– puede producir efectos positivos, mientras que un nivel mayor o menor podría generar efectos negativos sobre el conjunto de la red.

En esta línea, Uzzi (2008) analiza cómo evoluciona la relación entre el coeficiente de agrupamiento y los rendimientos conjuntos de una red. Según el autor, la evolución de dicha relación tiene forma de u invertida:

- Cuando los niveles de agrupamiento son bajos, a medida que éste aumenta las nuevas conexiones entre sus miembros permiten que el material creativo se difunda amplia y rápidamente de forma que los rendimientos conjuntos mejoran.
- Pero a medida que el coeficiente de agrupamiento sigue creciendo y los lazos entre los miembros de un grupo cohesivo se extienden desproporcionadamente –creándose cada vez más conexiones recíprocas y cerrándose cada vez más triadas–, este tipo de relaciones derivará en la

homogeneidad interna y la imitación, disminuyendo sensiblemente la creatividad y la oportunidad de innovación, y lastrando los rendimientos conjuntos.⁴³

El nivel óptimo de agrupamiento estará condicionado por multitud de factores psicológicos y sociales, relacionados con el tipo de información compartida, las normas que rigen los contactos, etc. (Fleming *et al.*, 2007) por lo que se considera cambiante en función de las circunstancias particulares de cada red y las características de los nodos.

3.4. Cercanía estructural

Otra característica de las redes sociales que se puede identificar con el capital social es la cercanía estructural. A pesar de los elevados niveles de agrupamiento, numerosas redes sociales cuentan con una serie de lazos que, al poner en contacto a los diferentes clusters o núcleos de nodos, reducen significativamente la distancia geodésica entre los miembros y de esta forma permiten mantener una elevada cercanía estructural para el conjunto de la red.

Por lo tanto, para la medición de la cercanía estructural se pueden emplear varios indicadores. Los más habituales son: el número y proporción de puntos de corte y de lazos puente, la distancia máxima, la distancia media entre nodos y el alcance (véase el apartado 2.4.1 de esta Parte II para más detalle).

A diferencia de los vínculos característicos de los grupos cohesivos –lazos fuertes y recíprocos–, los lazos que conectan a distintos clusters, que muchos autores denominan lazos puente sobre agujeros estructurales (por su capacidad de salvar lo que, en su ausencia, serían grandes distancias geodésicas entre individuos), son lazos más débiles aunque, como veremos en este apartado, enormemente importantes para el adecuado rendimiento conjunto de la red.

Este tipo de lazos que une a miembros de grupos diferentes se podrían identificar con el capital social que tiende puentes o *bridging social capital*. Como varios autores señalan, el capital social que tiende puentes se encuentra en los lazos característicos de

⁴³ En los trabajos de Uzzi y Spiro, 2005 y Uzzi, 2008 se estudia la red de colaboración para la producción de espectáculos musicales en Broadway entre 1945 y 1989. En ellos se muestra cómo la correlación entre el coeficiente de agrupamiento y el éxito financiero y artístico de los musicales describe una trayectoria en forma de u invertida: el éxito es elevado cuando el agrupamiento se sitúa en niveles intermedios mientras que es reducido para niveles de agrupamiento muy bajos y muy altos.

las relaciones orientadas hacia el exterior. Así, al dirigirse hacia agentes sociales diferentes a los miembros de un grupo fuertemente cohesionado y poner en contacto a personas de diversos grupos y capas sociales, estos lazos suponen un importante recurso ya que favorecen el establecimiento de enlaces con activos externos y la difusión de información (Granovetter, 1973; Putnam, 2002).

En definitiva, la cercanía estructural genera una serie de beneficios que repercuten no sólo de forma directa en los individuos y núcleos de individuos conectados por los lazos puente, sino también indirectamente en el conjunto de la red. A continuación veremos detalladamente cuáles son y por qué se dan esos efectos positivos.

3.4.1. Información e innovación

Muchos autores coinciden en que la existencia de vínculos débiles o lazos puente facilita enormemente la difusión de información. Este efecto positivo se da por diversas razones. En primer lugar, como demuestra Singh (2003), la probabilidad de difusión de información es mayor cuanto menor sea la distancia geodésica entre nodos – el número de intermediarios necesarios para conectar a dos individuos–; por lo tanto, los lazos que unen diferentes clusters, al reducir la distancia social de sus miembros, contribuyen enormemente a la difusión de información entre ellos.

Además, la ausencia de redundancia en las conexiones aumenta la eficiencia de los lazos maximizando el acceso y la difusión dentro de una red (Bearman *et al.*, 2004). Por todo ello, la información llega a más individuos (Granovetter, 1973) y se transmite más velozmente y con mayor integridad y veracidad gracias a la existencia de este tipo de contactos (Watts, 1999).

Por otro lado, estos vínculos permiten el acceso a información más heterogénea al poner en contacto distintos núcleos de nodos con fuentes no redundantes de información (Granovetter 1973; Burt, 2000;), lo cual, a su vez, facilita enormemente los procesos de innovación y adopción de nuevas ideas (Stone, 2003; Schilling y Phelps, 2006; Monge *et al.*, 2008), evitando de esta forma el estancamiento colectivo (Ter Wal, 2008). Como apunta Stone (2003), los lazos fuertes pueden implementar ideas pero no son buenos teniendo nuevas ideas. En cambio, los lazos débiles desafían el pensamiento convencional y estimulan la innovación.

Como hemos visto previamente, Granovetter (1973) observa cómo la difusión de información facilitada por este tipo de contactos influye positivamente en la movilidad laboral. El autor estudia los dos tipos de lazos interpersonales y su efecto en el mercado de trabajo concluyendo que los lazos débiles, al unir a personas que se mueven en círculos más amplios, transmiten información y oportunidades más diversas,⁴⁴ lo que provoca que este tipo de lazos sean un recurso más importante que los fuertes en la búsqueda de empleo.

Otros trabajos analizan las ventajas individuales que obtienen los miembros situados en un punto de corte o cerca de un lazo puente derivadas de su posición en la red. En primer lugar, el acceso directo a fuentes heterogéneas de información y conocimiento les permite innovar y emprender proyectos nuevos con mayor facilidad (Burt, 2000 y 2004; Monge *et al.*, 2008). Como dice Burt, son individuos que “se arriesgan más a tener buenas ideas” (Burt, 2004; p. 349). Además, la información a la que tienen acceso es más fiable, es decir, tiene menos riesgo de distorsión (Schilling y Phelps, 2007).⁴⁵ Finalmente, Cowan y Jonard (2008) consideran que, en términos de poder, una empresa situada en un lazo puente obtiene ventajas internas al poder actuar en beneficio propio como intermediaria en la transmisión de información.⁴⁶

Desde una perspectiva conjunta, Fritsch y Kauffeld-Monz (2008) analizan especialmente los beneficios que, en términos de difusión de información, generan los puentes o lazos débiles para la totalidad de la red y observan que este tipo de contactos reduce las asimetrías de información existentes entre los subgrupos de una red al permitir su accesibilidad para todos los miembros. Los autores no encuentran evidencia empírica de que los agentes situados en los puntos de corte –también llamados brokers por su posición intermediaria– se beneficien de la información que transmiten. Sin embargo, su modelo concluye que sí generan grandes beneficios sociales en términos de la información adicional transmitida a sus contactos.

⁴⁴ Normalmente la información necesaria en la búsqueda de empleo no es de gran complejidad y, como recuerda Hansen, los lazos débiles y no redundantes son mejores que los fuertes para buscar información sencilla, mientras que los lazos fuertes son mejores para transmitir conocimientos complejos (Hansen, 1999 en Singh, 2004).

⁴⁵ Por ello, como los agentes situados cerca de lazos puente acceden a más y mejor información, también pueden reducir su esfuerzo investigador, lo que de alguna forma supondría un perjuicio para el conjunto de la red (Bramoullé y Kranton, 2003).

⁴⁶ Esto supondrá un incentivo a buscar contactos fuera de su núcleo de contactos cercanos (Cowan y Jonard, 2008).

En definitiva, como muestran diferentes trabajos empíricos, unos niveles adecuados de cercanía estructural posibilitados por la presencia de lazos puente en una red aumentan considerablemente la capacidad de transmisión de información y facilitan la adopción y difusión de innovaciones.

3.4.2. Cooperación

Pero además de su papel en la difusión de información, la cercanía estructural juega un rol esencial en el impulso para la adopción de soluciones cooperativas entre los miembros de una red. Dada la tendencia observada al agrupamiento en diferentes grupos cohesivos, los lazos puente responsables de la elevada cercanía estructural facilitan la cohesión grupal y con ella la cooperación entre agentes de diferentes formas.

En primer lugar, se observa que cuanto mayor sea la cercanía estructural entre dos individuos, con más facilidad compartirán éstos actitudes y valores (Monge *et al.*, 2008), lo que a su vez permitirá que entre ellos haya una mayor facilidad de cooperación. Para el conjunto de una red, esto supone que los lazos puente, al reducir sensiblemente la distancia entre agentes, de alguna forma aúnan valores y actitudes necesarios para mantener los niveles de confianza adecuados que permitan la colaboración entre individuos.

Pero al mismo tiempo, los puntos de corte, al conectar grupos diversos, actúan como árbitros en caso de malentendidos o conflictos entre ellos, por lo que también facilitan el mantenimiento de la confianza global por esta vía (Fritsch y Kauffeld-Monz, 2008).⁴⁷ De esta forma, al mantener la confianza entre agentes, estos nodos facilitan significativamente la adopción de soluciones cooperativas.

Para los miembros de un grupo cohesivo, los lazos puente resultan ser una fuente de información básica acerca de los agentes fuera del cluster. Por ello, su presencia fomenta significativamente la cooperación con agentes externos (Scholz y Wang, 2003), lo que implica que desde el punto de vista global, la cercanía estructural permitida por los lazos puente impulsa la cooperación entre los diferentes clusters, es decir, la cooperación conjunta.

⁴⁷ Sin embargo, cuando esos actores situados en los puntos de corte centralizan la mayor parte de las interconexiones entre grupos, esto puede generar una excesiva dependencia grupal lo que supone una mayor vulnerabilidad de la red que podría llegar a colapsarse en caso de que desaparecieran esos intermediarios (Grabher, 2006).

Por último, en su análisis del mercado de trabajo, Granovetter (1973) recuerda que los lazos débiles juegan un rol esencial en la cohesión social, ya que cuando una persona cambia de empleo no sólo se mueve de una red hacia otra, también establece vínculos entre ambas redes. Esto implica que cuantos más puentes locales –lazos débiles entre grupos de lazos más fuertes– haya en una comunidad, mayor cohesión tendrá ésta, y, consecuentemente, mayor capacidad de actuar en concierto.

3.4.3. Nivel óptimo de cercanía estructural

Los efectos positivos de la cercanía estructural derivados de la heterogeneidad de información que los lazos puente son susceptibles de transmitir (Granovetter 1973; Burt, 2000 y 2004; Stone, 2003; Schilling y Phelps, 2007; Monge *et al.*, 2008) se pueden ir debilitando e incluso llegar a desaparecer a medida que la presencia de este tipo de contactos se multiplica en una red (Burt, 2000; Cowan y Jonard, 2008).

La explicación es la siguiente: el rendimiento de un grupo mejora si los individuos aportan perfiles y conocimientos relativamente heterogéneos; por ello, si se construyen demasiados puentes entre grupos, los grupos irán perdiendo poco a poco su singularidad y la heterogeneidad del conjunto de la red irá desapareciendo. Por ello, la información transmitida por estos lazos puente tenderá a ser cada vez más homogénea y menos valiosa.

Este argumento nos lleva a concluir que existe un nivel óptimo de cercanía estructural que maximizará la difusión de información e innovaciones. No obstante, al igual que con el agrupamiento, el nivel óptimo de cercanía estructural varía en función del tamaño y las características de la red además de verse influido por otros factores psicológicos y sociales.

3.5. El mundo pequeño

Las dos últimas características (elevado agrupamiento y gran cercanía estructural) se identifican con las dos propiedades que presentan las redes de *mundo pequeño* estudiadas previamente en el modelo desarrollado por Watts y Strogatz (1998). Además, se puede observar una fuerte correspondencia entre dichas características y dos

conceptos tratados en la literatura previa del capital social: el capital social vinculante o *bonding social capital* y el capital social que tiende puentes o *bridging social capital*.

Cuando una red presenta simultáneamente niveles elevados de agrupamiento y de cercanía estructural, se dice que cuenta con una estructura de *mundo pequeño* o, simplemente, que se trata de una red de *mundo pequeño* (Watts y Strogatz, 1998). Al igual que se ha observado de forma separada, varios trabajos concluyen que la combinación de agrupamiento y cercanía estructural generan una serie de efectos positivos para el conjunto de la red (Watts, 1999; Uzzi y Spiro, 2005; Schilling y Phelps, 2007; Uzzi, 2008).

Dichos efectos aparecen ya que el *mundo pequeño* permite mantener las ventajas que sus dos propiedades muestran por separado y, al mismo tiempo, facilita que se minimicen las desventajas propias de los elevados niveles de agrupamiento y de cercanía que surgen cuando estas dos propiedades se dan por separado.

Si bien, como hemos visto, la fuerte cohesión interna de los clusters puede derivar en la homogeneidad y redundancia de la información compartida (Granovetter 1973; Uzzi y Spiro, 2005; Uzzi, 2008), limitando así la innovación y la creatividad dentro de cada uno de los grupos cohesivos (Uzzi y Spiro, 2005); para el conjunto de la red, esta estructura supone el mantenimiento de una variedad global de conocimientos que, combinados adecuadamente a través de lazos puente entre clusters, permiten la creación e innovación a largo plazo (Schilling y Phelps, 2007). En otras palabras: una red formada por diferentes grupos cohesivos con información internamente homogénea, al poner en contacto entre sí a dichos grupos –originando así una red de *mundo pequeño*–, obtiene la diversidad global necesaria para impulsar adecuadamente el rendimiento conjunto.

Según Schilling y Phelps (2007) la estructura de *mundo pequeño* en redes de empresas ofrece ventajas tanto locales –de forma separada para los miembros de cada grupo cohesivo– como globales –para el conjunto de la red–. En primer lugar, las ventajas locales aparecen cuando las empresas se benefician de tener una conectividad redundante entre sus vecinas ya que esa fuerte conectividad acelera la velocidad y la facilidad en el acceso a la información así como su mejor interpretación. Pero además, las empresas se benefician de pertenecer a una red amplia formada por distintos grupos interconectados a través de lazos débiles por dos motivos: uno, porque la información que se recibe de empresas pertenecientes a otros grupos normalmente será más completa

y mejor interpretada que la recibida por empresas que no pertenecen a ningún cluster, y dos, porque la información recibida de distintos grupos tenderá a ser más diversa, lo que permitirá más posibilidades de recombinación y posterior innovación (Schilling y Phelps, 2007).

Fleming *et al.* (2007) analizan las ventajas estructurales del *mundo pequeño* de la siguiente forma: partiendo de una red amplia formada por diversos grupos cohesivos, estos núcleos mejorarán su rendimiento a medida que la cercanía estructural de toda la red se disminuye ya que, manteniendo las ventajas del elevado agrupamiento, los clusters tendrán acceso a una mayor diversidad de información. Del mismo modo, si se mantiene constante la cercanía estructural, al aumentar el nivel de agrupamiento el rendimiento conjunto necesariamente mejorará ya que la información externa (obtenida a través de los lazos puente) se empleará internamente –en los clusters– de forma más eficiente.

Por su parte, Uzzi (2005) considera que existe una relación parabólica entre la estructura de *mundo pequeño* y sus efectos positivos. Es decir, hay un grado de *mundo pequeño* que maximiza los rendimientos conjuntos de la red. La explicación es la siguiente:

1. Se parte de una red formada por varios núcleos o clusters escasamente conectados entre sí, es decir, una red con elevado agrupamiento pero escasa cercanía. Esta estructura de red presenta, por tanto, las ventajas –y desventajas– del elevado agrupamiento pero no las de la cercanía estructural.
2. A medida que se añaden lazos puente que interconecten los clusters y se aumenta así la cercanía estructural, la red no sólo mantiene las ventajas y reduce las desventajas del elevado agrupamiento al introducir la heterogeneidad propia de los lazos externos, sino que se beneficia de los efectos positivos propios de la cercanía estructural.
3. Sin embargo, a partir de un determinado umbral, y si se siguen añadiendo lazos puente, por un lado comienzan a aparecer una serie de problemas propios del exceso de cohesión y, por otro, se van perdiendo las ventajas de la cercanía estructural derivadas de la heterogeneidad de la información que facilitaban los lazos puente.

Es decir, a partir de un punto la introducción de lazos que interconecten grupos cohesivos comienza a disminuir el rendimiento conjunto de la red. La conclusión de Uzzi (2005) es, por tanto, que podría existir una estructura óptima de *mundo pequeño* que permitiera maximizar las ventajas de sus dos propiedades estructurales minimizando sus desventajas.

Exista o no una mezcla óptima de agrupamiento y cercanía estructural, como apunta Graf (2007), ambas características se necesitan mutuamente –deben coexistir e interactuar– para poder aportar ventajas a la red como fuentes de capital social.

Finalmente, y en línea con lo anterior, Burt (2000) opina que los grupos cohesivos y los lazos puente son formas altamente complementarias de capital social. Aunque el autor identifica a los lazos puente como la principal fuente de valor añadido para una red, también reconoce que el capital social de un lazo puente es siempre más valioso cuando conecta a dos nodos pertenecientes a grupos altamente interconectados, que cuando une a nodos de grupos con escaso nivel de agrupamiento. Por ello, se puede afirmar que agrupamiento y cercanía estructural forman, cuando aparecen simultáneamente en el *mundo pequeño*, una característica estructural propia del capital social.

A modo de conclusión, el Cuadro 2.3 detalla las propiedades estructurales del capital social identificando brevemente su influencia en la difusión de información e innovaciones y en el impulso para la adopción de soluciones cooperativas. La medición de estas propiedades estructurales permitirá, por lo tanto, realizar un estudio cuantitativo del capital social.

Cuadro 2.3: Las propiedades estructurales del capital social

Propiedades	Influencia en la difusión de información e innovaciones	Impulso para la cooperación
<i>Conectividad y densidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilita el acceso a la información para más individuos. ▪ Acelera la difusión de información. ▪ Transmite información más fiable. ▪ Genera más derrames de información. ▪ Permite que los individuos conozcan experiencias previas de adopción de innovaciones. ▪ Permite reinterpretar las para hacerlas más significativas en un contexto local. ▪ Actúa en las opiniones y comportamientos que prevalecen dentro de una sociedad adecuándolas a la adopción de innovaciones. ▪ Contribuye a afrontar las externalidades negativas que frenan la adopción de innovaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilita que los miembros de la red compartan actitudes y valores, lo que reduce comportamientos oportunistas.
<i>Descentralización</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite el acceso a información más heterogénea con fuentes no redundantes de información. ▪ La información heterogénea facilita los procesos de innovación y adopción de nuevas ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las múltiples conexiones alternativas entre nodos hacen más difícil esconder los eventuales comportamientos oportunistas. ▪ Las motivaciones a la cooperación provienen de diversos miembros de la red.
<i>Agrupamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acelera la difusión de información. ▪ Hace más fiable la información al reducir el número de intermediarios. ▪ Pone en juego efectos de reputación entre agentes del mismo grupo que incentiva a los actores a transferir adecuadamente la información y el conocimiento. ▪ Facilita la difusión de conocimientos tácitos y la información de mayor complejidad permitiendo que el receptor se ponga en contacto y consulte al emisor para aclarar dudas y corregir posibles errores de comprensión. ▪ Aumenta la difusión de interpretaciones alternativas a los problemas comunes, profundizando el conocimiento colectivo y estimulando la aparición de soluciones. ▪ Permite realizar comparaciones directas entre sus miembros y genera la adopción de actitudes comunes lo que facilita la adopción y difusión de innovaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilita la creación de un sistema de vigilancia mutua a través de sanciones efectivas que desincentivan los comportamientos oportunistas e impulsan la confianza y la reciprocidad interna. ▪ Reduce el riesgo inherente a la adopción de soluciones colaborativas por lo que acaba por impulsar la cooperación entre agentes.
<i>Cercanía estructural</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hace que la información llegue a más individuos y se transmita más velozmente y con mayor integridad y veracidad. ▪ Reduce las asimetrías de información existentes entre los subgrupos de una red. ▪ Permite el acceso a información más heterogénea, lo cual facilita los procesos de innovación y adopción de nuevas ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilita que se compartan actitudes y valores, lo que a su vez permite que haya una mayor facilidad de cooperación. ▪ Los puntos de corte actúan como árbitros en caso de conflictos entre ellos clusters, por ello facilitan el mantenimiento de la confianza global que impulsa la adopción de soluciones cooperativas. ▪ Juega un rol esencial en la cohesión social, lo que aumenta la capacidad de actuar en concierto.
<i>Mundo pequeño</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite mantener las ventajas de las propiedades de agrupamiento y cercanía y, al mismo tiempo, facilita que se minimicen sus desventajas. ▪ Manteniendo las ventajas del elevado agrupamiento, los clusters tendrán acceso a una mayor diversidad de información, lo que aumenta las posibilidades de recombinación e innovación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite mantener las ventajas de las propiedades de agrupamiento y cercanía y, al mismo tiempo, facilita que se minimicen sus desventajas.

Fuente: elaboración propia.

Parte III

Estudio empírico

Resumen:

En esta sección de la tesis se lleva a cabo la investigación empírica que trata de analizar la relación entre el capital social y el desarrollo económico a través del estudio de las redes de innovación en España. Para ello, se comienza presentando un marco general acerca del sistema español de innovación; a continuación se detallan algunas cuestiones relacionadas con los datos empleados, así como la forma en la que se han elaborado las redes de empresas; finalmente, se realiza un análisis descriptivo de los datos y un estudio econométrico que correlaciona la estructura y evolución de las redes con los resultados obtenidos por las empresas.⁴⁸

⁴⁸ Esta tesis opta a la mención europea en el título de doctor, para lo cual una parte del documento final ha de ser redactado en una de las lenguas oficiales de la Unión Europea distinta a las lenguas oficiales de España (R.D. 1393/2007 Artículo 22). Es por ello que, a partir del capítulo 4 de esta Parte III, el trabajo está escrito en lengua inglesa.

1. Introducción y objetivos

La hipótesis de partida que dio origen a esta tesis sostiene que el capital social influye en los rendimientos de los agentes económicos y, por ello, que puede facilitar los procesos de desarrollo. Una vez analizados los aspectos teóricos acerca del capital social y su relación con el desarrollo (Parte I) así como los aspectos metodológicos que conviene tener en cuenta en una investigación sobre este asunto (Parte II), en la presente sección nos disponemos a contrastar la hipótesis de partida llevando a cabo un estudio empírico para la economía española.

Se trata de analizar las redes de innovación en España durante los últimos treinta años de modo que, a partir de estas redes que se identifican con el componente estructural del capital social, se pueda observar la influencia que su estructura y evolución han tenido en el rendimiento de las empresas.

Ciertamente, si el capital social, tal y como lo hemos definido previamente, es el conjunto de recursos presentes en las relaciones sociales, un estudio completo del mismo requeriría una tarea prácticamente inabarcable a día de hoy dada la amplitud, profundidad y complejidad que presenta el entramado completo de las relaciones sociales. Piénsese en la infinidad de relaciones que mantienen entre sí los miembros de una sociedad: desde las relaciones comerciales o financieras entre empresas, las relaciones de amistad o parentesco entre individuos, las relaciones entre individuos y empresas, entre empresas e instituciones, etc. Se trata, en definitiva, de una maraña de redes superpuestas, entreteljadas y difícilmente observables en su totalidad.

Por ello, y siguiendo las recomendaciones de Durlauf y Fafchamps (2004), hemos optado por centrar nuestro estudio en un aspecto concreto y abarcable del capital social: las redes de relaciones entre empresas. Más concretamente, hemos analizado las relaciones de empresas para la innovación, es decir, las relaciones que mantienen unas empresas con otras cuando llevan a cabo actividades innovadoras.

Tres razones han motivado esta elección:

1. En primer lugar, en la actualidad disponemos de datos enormemente fiables y detallados que permiten conocer con gran precisión la estructura y tipología de redes de empresas innovadoras. Datos con esta calidad y

fiabilidad no existen para otras esferas de la realidad económica directamente relacionadas con su capital social.⁴⁹

2. En segundo lugar, dichas redes, aun siendo accesibles, han de ser un reflejo del vasto –e inabarcable– entramado de relaciones empresariales y, por extensión, de otros ámbitos de la economía española. Es decir, han de ser una buena muestra del capital social en España.
3. Finalmente, dado el amplio consenso acerca de la importante influencia que tiene la innovación sobre el conjunto de una economía, un estudio centrado en este aspecto puede resultar de gran interés en especial a la hora de observar el papel que el capital social desempeña en el desarrollo económico español.

Los datos necesarios se han obtenido de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Concretamente, en los registros de patentes europeas presentadas en España entre 1978 y 2008. Siguiendo la metodología empleada por otros trabajos de análisis de redes sociales (Ter Wal y Boschma, 2007; Graf, 2007), se han elaborado las redes de empresas analizando las patentes conjuntas y los inventores comunes.⁵⁰ Los datos referentes al rendimiento de las empresas, se extraen de las patentes registradas por cada una de ellas en la OEPM.

Una vez elaboradas las redes, se ha realizado un análisis descriptivo de sus propiedades estructurales y su evolución, distinguiendo entre la red nacional española y las diferentes redes localizadas en territorios de especial actividad innovadora. El análisis descriptivo incluye una comparación entre las distintas provincias que permite obtener conclusiones acerca de las diferencias territoriales en el capital social español.

Por último, se ha llevado a cabo un análisis econométrico que correlaciona la influencia de la estructura y evolución de las redes con el rendimiento de las empresas medido a través del número de patentes registradas. De esta forma, se podrá observar la manera en la que el capital social inherente a las redes ha influido en el rendimiento de los agentes y, por ende, en el desarrollo económico.

⁴⁹ Para más información acerca de los datos empleados en esta investigación, véase el apartado 3 del presente capítulo.

⁵⁰ Para una descripción más detallada acerca de la construcción de redes a partir de datos de patentes, véase el apartado 3.2.

Pero antes de llevar a cabo este estudio propiamente dicho, creemos conveniente ofrecer una descripción adecuada del contexto en el que se insertan las redes de innovación con el fin de comprender mejor el ámbito de actuación de las empresas innovadoras. De esta forma, en el siguiente apartado presentamos una visión panorámica del sistema español de innovación.

2. Panorama del sistema español de innovación

Las redes de empresas innovadoras que estudiaremos más adelante se insertan en una realidad socioeconómica que conviene conocer previamente. Se trata del sistema español de innovación. En este sistema se ven implicados una serie de elementos – legislación, empresas, administraciones públicas, etc.– que se interrelacionan en un ámbito nacional, regional y local y que llevan a cabo las principales actividades innovadoras de nuestro país.

El presente apartado analiza brevemente la evolución histórica experimentada por el sistema en el último siglo, posteriormente estudia los elementos que lo forman – haciendo especial hincapié en las empresas– y, finalmente, desglosa sus principales indicadores, tanto desde una perspectiva de los recursos dedicados a la innovación, como desde los resultados obtenidos por sus actores. Por último, concluye con un diagnóstico general de la situación actual del sistema.

Antes de comenzar, conviene recordar que no es el objetivo de esta tesis realizar un análisis crítico del sistema español de innovación; otros trabajos de investigación han abordado esta cuestión desde múltiples perspectivas. Nuestra labor en este apartado consiste, más bien, en ofrecer una visión global del mismo con el fin de comprender mejor el posterior estudio empírico sobre las redes de empresas innovadoras.⁵¹

2.1. Evolución histórica

El sistema español de innovación se ha caracterizado a lo largo del último siglo por mostrar un esfuerzo y capacidad de generación interna de tecnología notablemente inferiores a los de los países occidentales más avanzados. De hecho, sus debilidades en absoluto se corresponden con la positiva evolución que España ha logrado en otros aspectos de su realidad económica y social. Tanto es así, que no hay otros ámbitos de la economía española en los que se haya mostrado una divergencia tan considerable respecto a los promedios europeos (Molero, 2009). Teniendo en cuenta, además, que los resultados europeos en términos de innovación están aún por debajo de las cifras

⁵¹ Es por ello que presentaremos las conclusiones de otros trabajos dedicados expresamente al análisis del sistema español de innovación. Haremos especial referencia a los informes elaborados por la Fundación Cotec, de la que hemos empleado en mayor medida el informe del año 2004, al ser éste el más detallado hasta la fecha. Aunque también se emplearán posteriores ediciones, una parte considerable de los datos se han extraído de dicho informe.

alcanzadas por los principales países de la OCDE tales como Japón o Estados Unidos, se hace evidente la situación desventajosa del sistema español de innovación.

Ya desde los comienzos del siglo XX, el proceso de industrialización español – tardío respecto de los países europeos de vanguardia, o de industrialización temprana– se ha caracterizado siempre por una fuerte dependencia tecnológica del exterior. Los años posteriores a la Guerra Civil empeoraron la situación debido, principalmente, al desmantelamiento de algunas instituciones científicas y al exilio de destacados profesores e investigadores, lo que propició aún más la industrialización sobre una base de tecnología importada.

Más adelante, la etapa de fuerte desarrollo económico experimentada por la economía española a partir los años sesenta, supuso un considerable aumento de la demanda de recursos tecnológicos. Sin embargo, este aumento de la demanda no fue correspondido adecuadamente por el lado de la oferta productiva interna, lo que mantuvo en España la posición de fuerte dependencia tecnológica exterior.

Con la llegada de la democracia, a partir de 1978, tuvieron lugar una serie de importantes cambios institucionales en el ámbito tecnológico tales como la puesta en marcha del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), la aprobación de la Ley General de Fomento de la Actividad Científica, la de la Ley de Reforma Universitaria y los sucesivos Planes Nacionales de I+D. Estos cambios sentaron las bases para la creación y el desarrollo de un adecuado sistema nacional de innovación, más moderno y menos dependiente del exterior.

Desde entonces, España ha experimentado un importante proceso de convergencia hacia los países de su entorno. Proceso que se refleja tanto en los recursos que la economía ha dedicado a la I+D, como en los resultados que estas actividades han ido obteniendo a lo largo de los años. Sin embargo, dado el significativo atraso de partida, esta convergencia ha sido insuficiente, lo que no ha permitido cerrar la brecha existente con los principales países desarrollados.

Por todo ello se considera que el sistema español de innovación, aunque evoluciona de forma positiva, en la actualidad sigue mostrando importantes atrasos y debilidades. A continuación se analizan los diferentes elementos del sistema así como sus principales indicadores para, de esta forma, ofrecer un diagnóstico más detallado del mismo.

2.2. Agentes del sistema español de innovación

Con el fin de estudiar adecuadamente el sistema español de innovación es necesario comenzar analizando quiénes son y qué papel desempeñan los elementos o subsistemas que lo forman y, posteriormente, detenerse en las relaciones que estos agentes mantienen entre ellos.

Siguiendo la clasificación de la Fundación Cotec (2004), los agentes que componen todo sistema de innovación son las empresas, la administración, el sistema público de I+D, las organizaciones de soporte a la innovación y el entorno. Comencemos por las empresas.

2.2.1. Las empresas

Las empresas, como unidades básicas de producción, son las encargadas de ofrecer bienes y servicios al mercado. Por tanto, el proceso de innovación juega en ellas un papel determinante en términos de competitividad y productividad, lo que implica que las innovaciones se lleven a cabo principalmente en su seno, convirtiéndolas, de este modo, en el elemento más importante de todo sistema nacional de innovación.⁵²

Sin embargo, aunque su papel debe ser primordial, en el caso de la economía española, las empresas son el eslabón más débil del sistema de innovación. Siguiendo el diagnóstico realizado por la Fundación Cotec (2004), las principales razones de esta debilidad son la escasa cultura y tradición innovadora de las empresas, el bajo perfil educativo de los trabajadores, la reducida cooperación empresarial en materia de innovación y los exiguos niveles de creación de empresas de base tecnológica.

Respecto a la primera razón, la menor cultura innovadora de las empresas españolas implica que éstas son poco propensas a emplear la tecnología como instrumento de competitividad y de mejora de la productividad.⁵³ Concretamente, la

⁵² Mientras que una invención es la primera aparición de una idea, una innovación es la puesta en práctica de una invención para la actividad económica. Por lo tanto, si bien la invención puede ocurrir en casi cualquier ámbito de la sociedad, la innovación se da preferentemente en el seno de las empresas (Álvarez, 2007).

⁵³ Aunque toda innovación es susceptible de aumentar la productividad, ésta se puede presentar de múltiples formas. Concretamente, en la literatura se identifican cinco tipos de innovaciones en función de los aspectos que abarquen: (1) nuevos productos, (2) nuevos métodos de producción, (3) nuevas formas de aprovisionamiento, (4) nuevos mercados y (5) nuevas formas organizativas. Desde la perspectiva del avance tecnológico que suponen, las innovaciones también se pueden clasificar en tres tipos: (1) innovaciones incrementales –las que se van superponiendo unas sobre otras–, (2) innovaciones radicales –

proporción que representan las empresas innovadoras (es decir, el porcentaje de aquellas que, en su ciclo productivo, llevan a cabo innovaciones de cualquier tipo) respecto del total de empresas, se sitúa entorno al 20 por ciento y viene reduciéndose progresivamente desde 2004 (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1: Evolución de la innovación en las empresas

	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Número de empresas innovadoras ⁽¹⁾	29.228	32.339	31.711	51.319	47.529	49.415	46.877	42.206
Porcentaje de empresas innovadoras (%)	19,8	20,6	19,4	29,7	27,0	25,3	23,5	20,8
Intensidad de innovación en el total de las empresas ⁽²⁾	0,93	0,83	0,85	0,82	0,83	0,88	0,89	0,95
Intensidad de innovación en las empresas con actividades innovadoras ⁽²⁾	1,76	1,80	1,98	1,82	1,69	1,82	1,92	1,90

(1) Empresa innovadora es aquella que desarrolló alguna actividad innovadora en el año de referencia o en los dos años anteriores, en producto, proceso, marketing u organización.

(2) Intensidad de innovación es la relación entre los gastos en actividades innovadoras y la cifra de negocios, en porcentaje.

(3) Calculado para la suma de las empresas innovadoras y las que tienen innovaciones en curso o no exitosas.

Fuente: Fundación Cotec (2010).

Al comparar la propensión innovadora de las empresas con la media de la Unión Europea observamos que, según los resultados de la *Encuesta Europea de Innovación* (Eurostat, 2005), el porcentaje de empresas innovadoras se sitúa en España doce puntos porcentuales por debajo de la media europea. Además, su intensidad innovadora (medida como el porcentaje de gastos de innovación respecto de la cifra de negocios) es también muy inferior a la de las empresas de las economías de su entorno, situándose en el 60 por ciento de la media europea. Junto a esta característica, se puede constatar que existe una gran concentración de recursos dedicados a la I+D en unos pocos sectores, especialmente en la industria química, la informática y los servicios de I+D, lo que pone de manifiesto que para la gran mayoría de las actividades económicas, los recursos empresariales dedicados a la innovación son prácticamente marginales (Molero, 2007).

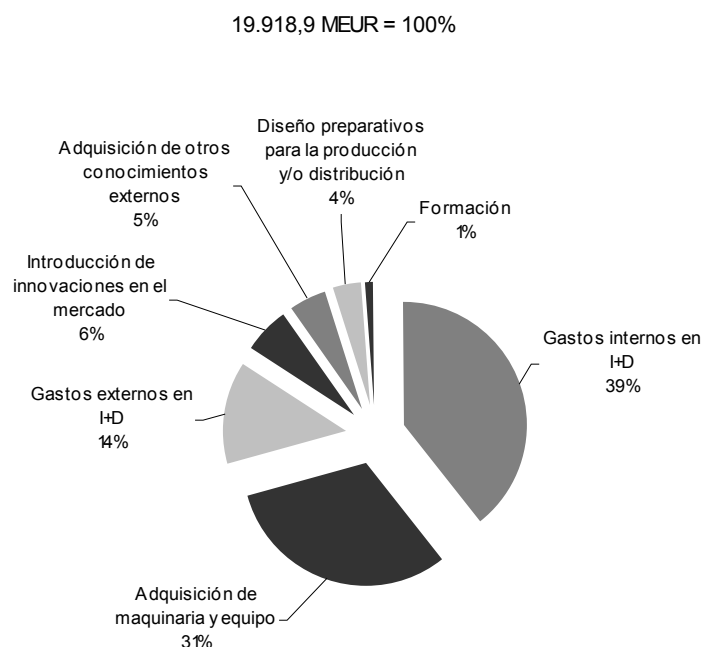
En cuanto a las pautas de innovación,⁵⁴ se observa que el enfoque del esfuerzo innovador de las empresas españolas se dirige generalmente a aspectos menos

aquellas que implican la introducción de un cambio no incremental, es decir que generan un avance más abrupto– y (3) revoluciones tecnológicas –conjunto de innovaciones con un impacto de gran calado en la economía y la sociedad– (Álvarez, 2007).

⁵⁴ Las pautas de innovación de las empresas se deducen de la composición de sus gastos de innovación. Las dos pautas principales, que se traducen en las partidas más importantes del gasto total, pueden resumirse como aquellas que van dirigidas a crear tecnología propia, mediante la realización de actividades de I+D interna o externa, y las que adquieren tecnología a terceros, mediante la compra de equipos con tecnología incorporada o la adquisición de conocimientos externos.

relacionados con la creación de tecnología propia y que, por lo tanto, generan menos valor añadido para el conjunto de la economía (Gráfico 3.1).

Gráfico 3.1: Distribución de los gastos de innovación en porcentaje del total



Fuente: Fundación Cotec (2010).

Profundizando algo más en el modo de innovar de las empresas españolas y siguiendo una tipología elaborada por Eurostat (2005), se podrían distinguir cuatro tipos de empresas, en función de sus actividades de innovación:

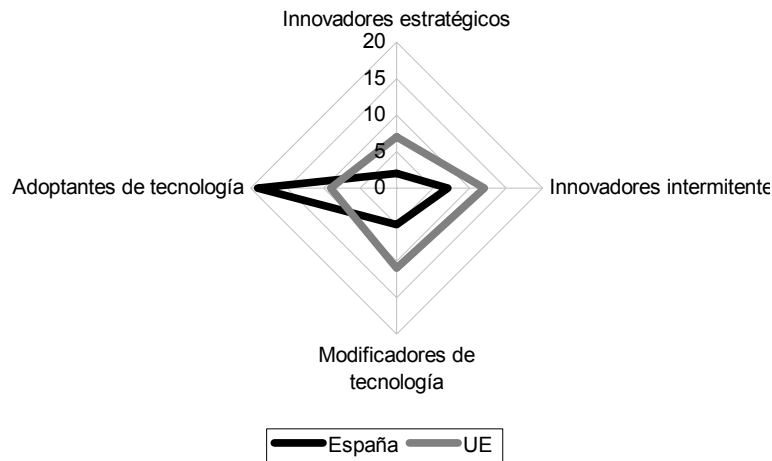
1. Innovadores estratégicos: son aquellas empresas para las que la innovación es un componente de la estrategia competitiva, por lo que desarrollan actividades de I+D de forma continua. Suelen ser la principal fuente de innovación que, más tarde, se difundirá por el tejido empresarial de una economía.
2. Innovadores intermitentes: empresas para las que la innovación no forma parte de su actividad estratégica, por lo que la llevan a cabo únicamente cuando es necesario o favorable para su actividad empresarial. Habitualmente sus actividades de I+D van dirigidas a adaptar, a su modelo de negocio, las innovaciones desarrolladas por otras empresas.

3. Modificadores de tecnología: empresas que, mediante la I+D, modifican productos o, especialmente, procesos productivos propios.
4. Adoptantes de tecnología: empresas que llevan a cabo una estrategia de adopción de las innovaciones desarrolladas por otras empresas u organizaciones.

Al analizar el porcentaje de empresas de cada tipo y comparar los resultados españoles con la media de la Unión Europea (Gráfico 3.2), se descubre que en España la mayor parte de empresas innovadoras son adoptantes de tecnología mientras que en la UE este tipo de empresas representa una proporción mucho menor. En el otro extremo, la proporción de empresas identificadas como innovadores estratégicos es en España mucho menor que en la UE. Todo ello pone de manifiesto el atraso español no solo en cantidad, sino también en la calidad de la innovación (Molero, 2007), al constatarse que la mayor parte de las empresas españolas únicamente adoptan innovaciones desarrolladas por otros y sólo un porcentaje marginal de ellas tienen a la innovación como base de su estrategia competitiva.

Gráfico 3.2: Tipos de empresas innovadoras en España y en la UE

(En % sobre el total de empresas)



Fuente: Eurostat (2005).

El segundo diagnóstico elaborado por la Fundación Cotec concluye que tanto el bajo perfil educativo de los trabajadores como los reducidos esfuerzos empresariales para la formación continua de sus empleados mantienen un capital humano poco propicio para impulsar la innovación en las empresas.

Respecto al perfil formativo, las empresas españolas reflejan un importante y reciente crecimiento de los empleados de alta cualificación junto con muy bajos niveles de empleados de cualificación media (menos de la mitad del promedio europeo) y casi el doble en el caso de los trabajadores de baja cualificación. Este hecho refleja las carencias del sistema educativo español y la estrategia de competitividad dominante de nuestras empresas, más basada en el uso de mano de obra barata que en el empleo del conocimiento o la tecnología (Fundación Cotec, 2004).

Por otro lado, se constata un reducido esfuerzo empresarial en la formación continua de sus empleados en comparación con los países de su entorno. Así, en 2005, solo el 47 por ciento de las empresas españolas desarrollaban actividades de formación continua de su personal, frente a un 62 por ciento de las empresas europeas. Además, estas actividades de formación supusieron en España un coste del 1,2 por ciento del coste salarial, mientras que en la Unión Europea este dato se situó en el 1,6 por ciento del coste salarial (Eurostat, 2005). A este hecho contribuye también la alta tasa de temporalidad en el empleo del mercado laboral español.

El tercer diagnóstico se refiere a las relaciones que pueden establecer las empresas a la hora de llevar a cabo actividades de innovación. Con el fin de afrontar las limitaciones en recursos humanos o financieros dedicados a la innovación, las empresas pueden colaborar con centros públicos u otras empresas y beneficiarse de las ventajas que los proyectos de innovación conjunta suponen.

Sin embargo, las encuestas realizadas muestran que el tejido empresarial español es más bien reactivo a la interacción en las labores de innovación y se decanta más por proyectos aislados (Cuadro 3.2). Esto impide al sistema nacional de innovación beneficiarse adecuadamente de la interacción entre agentes.

Cuadro 3.2: Colaboración de empresas para la innovación en porcentaje del total (2006, 2007 y 2008)

	Empresas de hasta 200 empleados			Empresas con más de 200 empleados		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
Colaboración con universidad y/o c. tecnológicos	37,2	38,1	42,8	63,2	64,2	65,3
Colaboración tecnológica con clientes	44,4	44,4	42,8	53,3	53,2	53,2
Colaboración tecnológica con proveedores	54,7	48,6	48,5	63,5	62,7	60,7
Colaboración tecnológica con competidores	3,8	4,3	6,1	6,8	7,3	8,8
Acuerdos de cooperación tecnológica	5,6	5,1	3,4	13,1	9,2	10,9
Participación en empresas con innovación tecnol.	6,8	9,3	6,8	14,2	17,4	15,1
Participación programa investigación de UE	0,9	0,4	0,8	4,0	3,7	4,8
Ninguna de las formas de colaboración anteriores	26,1	28,4	28,4	14,8	15,9	16,0

Fuente: Fundación SEPI (2009).

Finalmente se considera como cuarta razón del atraso empresarial los bajos niveles de creación de nuevas empresas tecnológicas, que son una muestra de la considerable lentitud en la modernización del tejido productivo y empresarial español. Como se observa en el Cuadro 3.3, el peso de las actividades de alta tecnología dentro del sector manufacturero está muy por debajo de la media europea tanto en el número de empresas, como en el valor y el empleo añadido que generan.

Cuadro 3.3: Peso del sector manufacturero de alta tecnología respecto al sector manufacturero en 2005 (en %)

	Empresas	Valor añadido	Empleo en alta tecnología	Empleo en media-alta tecnología
UE-15	6,2	-	6,3	31,9
España	3,6	5,8	2,7	25,8
Suecia	6,2	15,0	7,1	35,8

Fuente: Beraza y Rodríguez (2008).

2.2.2. El sistema público de innovación

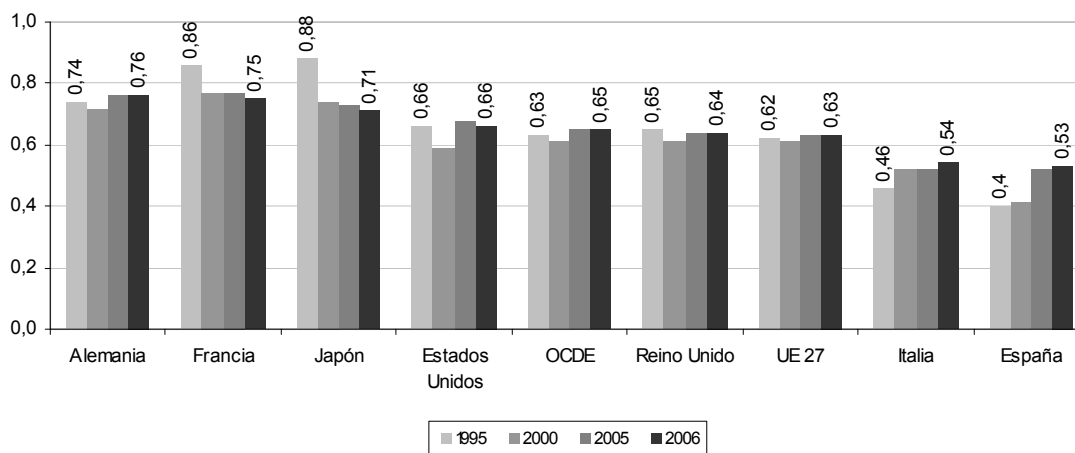
El sistema público de innovación aglutina al “conjunto de todas las instituciones y organismos de titularidad pública [tales como universidades y centros públicos de investigación] dedicados a la generación de conocimiento mediante la investigación y el desarrollo tecnológico” (Fundación Cotec, 2004; p. 49). Su papel dentro del sistema nacional de innovación es doble: por un lado se encarga de formar a los futuros investigadores y, por otro, de generar directamente conocimiento científico en conexión con las necesidades de la sociedad.

La configuración actual del sistema público de innovación en España es fruto de los cambios vividos a partir de los años ochenta. Así, su evolución positiva en términos de formación de investigadores y de producción científica de calidad, lo ha llevado a que en la actualidad sea comparable a los sistemas públicos de innovación de los países de nuestro entorno.

Concretamente, según Eurostat (2006), los investigadores de este sector representaban en España el 0,64 por ciento de la población activa en 2003, por encima de la media de la UE 25 (con un 0,5) y de países como Alemania o Francia (con un 0,55 y 0,48 respectivamente). Asimismo, aunque el gasto público en I+D siempre ha estado por debajo de la media europea (en 2006 fue de un 0,53 por ciento del PIB frente al 0,63 en la UE 27), la tendencia reciente muestra un acercamiento a los estándares europeos

(Gráfico 3.3). Además, España ha aumentado su producción de artículos publicados en revistas científicas internacionales, lo que demuestra una significativa mejora en la actividad innovadora del sector público.⁵⁵

Gráfico 3.3: Gastos en I+D ejecutados por el sector público en porcentaje del PIB (1995, 2000, 2005 y 2006)



Fuente: Fundación Cotec (2009) y elaboración propia.

Sin embargo, sus resultados no han sido tan positivos en lo que respecta a la generación de conocimientos aplicables a las empresas en el sistema productivo. Este hecho se debe a varias debilidades que presenta el sistema público de innovación, entre las que destacamos las tres siguientes:

1. Respecto a los grupos de investigación, se considera que su reducida dimensión, sus bajos niveles de colaboración interdisciplinar y su escasez de personal de apoyo dificultan la aplicación de sus resultados en el tejido productivo empresarial.
2. Por otro lado, la escasa implicación del sector público en la creación de empresas de base tecnológica tampoco ha fomentado el vínculo con el sistema productivo.
3. Finalmente, las limitaciones que presentan las organizaciones encargadas de facilitar la transferencia de resultados de la investigación (tales como las Oficinas de Transferencia de Tecnología), dado su reducido tamaño y su especialización, obstaculizan enormemente su labor de cooperación y transferencia de los resultados del sistema público al tejido empresarial.

⁵⁵ Los datos referentes a las publicaciones científicas se analizarán de forma detallada en el apartado siguiente.

Este último aspecto, por aludir a las organizaciones de apoyo a la innovación, lo trataremos en más detalle en el apartado siguiente.

2.2.3. Las organizaciones de soporte a la innovación

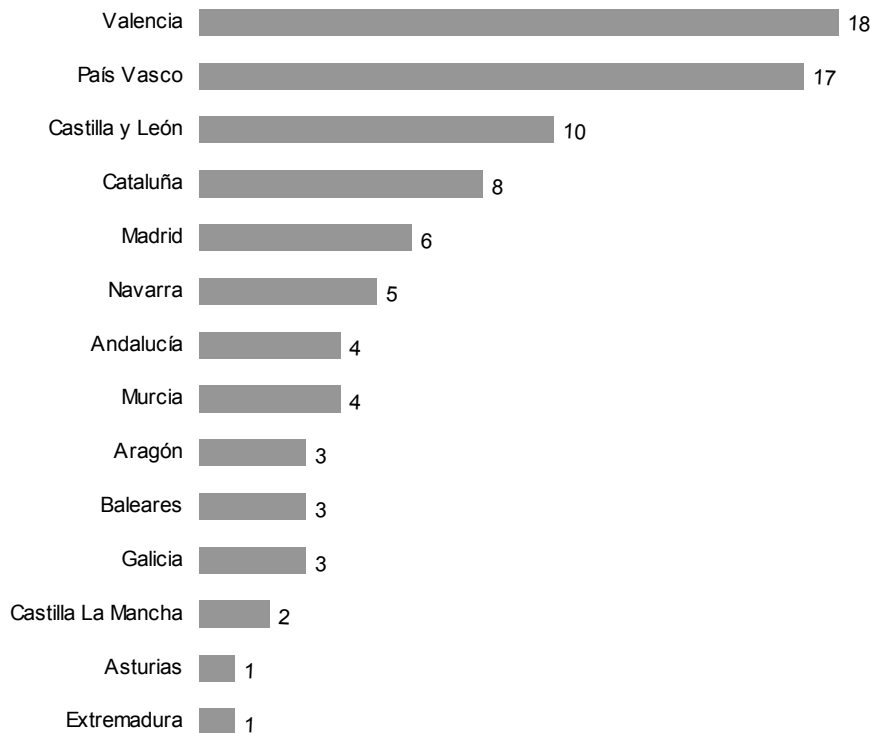
Las organizaciones de soporte a la innovación aglutinan a todas aquellas entidades encargadas de apoyar a las empresas en sus actividades de innovación, tanto a través de la provisión de medios materiales y humanos dedicados directamente a la I+D, como con la ayuda en cuestiones técnicas, de gestión, de información o de otro tipo relacionados con el proceso de innovación de las empresas. Los principales organismos de este tipo son: (1) los centros tecnológicos, (2) las organizaciones de transferencia de tecnología y de sensibilización hacia la tecnología,⁵⁶ (3) los centros de modernización tecnológica para el aumento de productividad y (4) los parques científicos y tecnológicos (Fundación Cotec, 2004).

En España estas organizaciones no solo son muy abundantes, sino que su ámbito de actuación es suficientemente amplio y diversificado como para cubrir los diferentes aspectos del complejo proceso de innovación. Concretamente, las principales funciones que desempeñan son (a) la transferencia y sensibilización hacia las nuevas tecnologías, facilitando la relación entre clientes y posibles suministradores, (b) los servicios de ensayo y medida que evitan a las empresas incurrir en gastos relacionados con la innovación para afrontar necesidades esporádicas, (c) la creación de entornos para la innovación, tales como los parques tecnológicos, donde se puedan instalar empresas y entidades innovadoras interrelacionándose de forma más sencilla, y (d) los servicios de I+D y tecnología ofrecidos sobre todo por los centros tecnológicos con el fin de adaptar las tecnologías a las necesidades de sus empresas clientes.

Sin embargo, aunque existen numerosas organizaciones de este tipo enormemente eficientes en el desempeño de sus funciones, muchas otras no han logrado aún integrarse adecuadamente en el sistema español de innovación. Asimismo, la distribución territorial de estos centros es considerablemente desigual, por lo que aparecen grandes diferencias entre las comunidades autónomas (Gráfico 3.4).

⁵⁶ Entre ellas, las más conocidas son las Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTRI), los Centros de Enlace para la Innovación (CEI), los Centros Europeos de Empresas e Innovación (CEEI) y los recientes centros de difusión tecnológica.

Gráfico 3.4: Número de centros tecnológicos (*) por comunidad autónoma, 2003



(*) Centros de Innovación y Tecnología inscritos en el registro del Ministerio de Ciencia y Tecnología y Centros asociados a Federación Española de Centros Tecnológicos.

Fuente: Fundación Cotec (2004) y elaboración propia.

Respecto a la actuación de estos organismos, la mayor parte de los centros tecnológicos se centran en ofrecer servicios de soporte en tecnología avanzada, descuidando la asistencia a las empresas en la modernización de sus procesos productivos y de gestión de la tecnología. Por otro lado, las organizaciones de transferencia y de sensibilización hacia la tecnología, se ciñen casi exclusivamente al desarrollo de tareas administrativas y de identificación de recursos y conocimientos de sus instituciones, sin asumir adecuadamente responsabilidades relacionadas con la difusión y comercialización de las innovaciones. Estos factores dificultan considerablemente la aplicación de las innovaciones generadas por el sistema de innovación al tejido productivo y empresarial.

En cuanto a los centros de investigación españoles, salvo en algunas excepciones, su dimensión y relevancia son todavía muy reducidas en comparación con sus homólogos de los principales países europeos. Esto plantea problemas de funcionamiento especialmente en sectores nuevos de alto contenido tecnológico como es el caso de la biotecnología.

Finalmente, respecto a los parques tecnológicos, se considera que sólo un reducido número de ellos ha logrado convertirse en un entorno adecuado y atractivo para las empresas innovadoras (Fundación Cotec, 2004),⁵⁷ sin embargo, en los últimos años España está experimentando un considerable surgimiento, desarrollo y modernización de estos espacios (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4: Parques socios de la Asociación de Parques Tecnológicos de España (2003)

Comunidad autónoma	Número de parques
Andalucía	1 parque tecnológico 1 parque científico-tecnológico 1 campus de ciencias de la salud
Asturias	1 parque tecnológico 1 parque científico-tecnológico
Aragón	1 parque tecnológico
Baleares	1 parque tecnológico
Castilla León	1 parque tecnológico
Cataluña	1 parque tecnológico 1 parque científico
Galicia	2 parques tecnológicos
Madrid	1 parque científico-tecnológico
País Vasco	3 parques tecnológicos
Valencia	1 parque tecnológico

Fuente: Fundación Cotec (2004).

2.2.4. Las administraciones públicas

Dentro del sistema español de innovación, las administraciones públicas, son las encargadas de regular las actividades innovadoras, ordenar el sistema público de innovación, coordinar las políticas públicas de innovación y fomentar la actividad innovadora de las empresas desde los ámbitos autonómico, nacional y europeo.

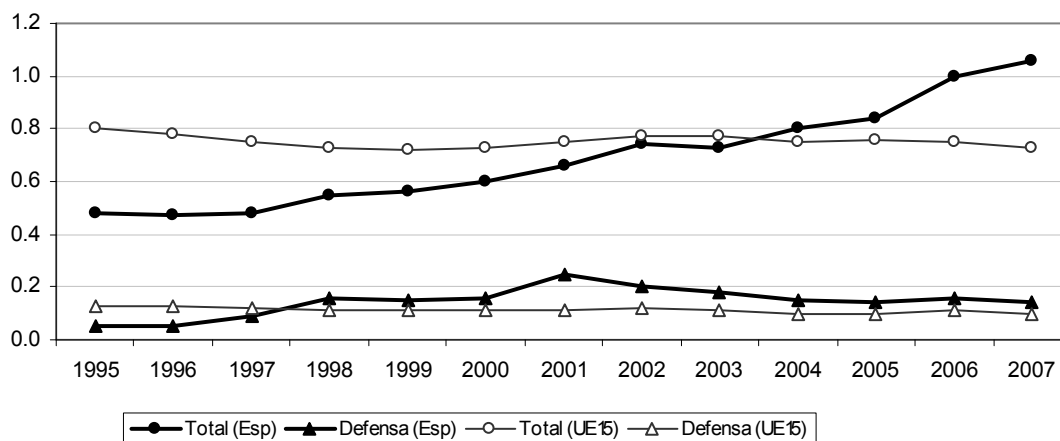
En primer lugar, cabe destacar que desde 1986 los recursos destinados por la Administración General del Estado al fomento de la actividad innovadora han mostrado una tendencia creciente, lo que indudablemente ha contribuido a acercar el sistema español de innovación al de los principales países desarrollados (Gráfico 3.3). El instrumento más importante para la canalización de esos fondos, tanto los nacionales como los provenientes de los Fondos Estructurales de la Unión Europea, ha sido el Plan Nacional de I+D.

Sin embargo, en esta evolución ascendente se observan algunos aspectos disonantes. Por un lado, desde finales de los años noventa, se puede constatar que el

⁵⁷ Destacan el Parque científico de la Universidad de Barcelona y el de las universidades Complutense y Autónoma de Madrid.

crecimiento de los recursos se ha debido principalmente a los créditos a la innovación, más concretamente a los dedicados a la investigación militar, lo que nos separa de la distribución más adecuada de los recursos registrada por los principales países de la OCDE.⁵⁸ No obstante, como se observa en el siguiente gráfico, esta tendencia se ha suavizado considerablemente a partir de 2001.

Gráfico 3.5: Gasto público en I+D total y en defensa para España y la UE 15 en porcentaje del PIB (1995 – 2007)



Fuente: INE y elaboración propia.

Por otro lado, aunque las ayudas fiscales a las empresas sean generosas, las modalidades de los fondos otorgados para la investigación y la excesiva burocracia en los criterios de selección, los controles reiterados y los avales exigidos para acceder a las subvenciones, no han logrado atraer a las empresas en la medida necesaria para que los programas de fomento contaran con una mayor implicación y gasto privado en las actividades de I+D.

En cuanto a la regulación de las actividades de innovación, el marco jurídico y financiero español ha ido asemejándose progresivamente al de los países de nuestro entorno. De esta forma, salvo en algunos aspectos concretos, se han logrado reducir importantes barreras administrativas y financieras, lo que ha facilitado considerablemente las actividades innovadoras de las empresas.

⁵⁸ En España, las ayudas del estado en forma de créditos para la innovación han pasado de representar únicamente el 5 por ciento del total de los fondos en 1997 a más del 50 por ciento en 2004. Ese mismo año, en los países de la OCDE esta cifra fue únicamente del 20 por ciento del total (Fundación Cotec, 2004).

No obstante, dicho marco jurídico sigue mostrando algunos aspectos mejorables. En primer lugar, la Ley de la Ciencia de 1986, que permite formular los sucesivos planes nacionales de I+D encargados de articular la política científica y tecnológica, muestra insuficientes planteamientos a largo plazo, lo que resulta inadecuado para un correcto funcionamiento del sistema de innovación. Asimismo, ante el creciente protagonismo de las comunidades autónomas en la financiación de la I+D y otras actividades de innovación (planes propios de I+D, leyes de ciencia o agencias de desarrollo), la Administración General del Estado no ha logrado dar coherencia y coordinar adecuadamente estas políticas, lo que supone una importante pérdida de oportunidades para el sistema español de innovación en su conjunto (Fundación Cotec, 2004).

2.2.5. El entorno

El último elemento que se debe considerar al analizar un sistema nacional de innovación es el entorno en el que interactúan las empresas, las administraciones públicas, el sistema público de I+D y los organismos de soporte a la innovación. Este entorno está formado por una serie de componentes que, aunque no dedican su actividad específicamente a la innovación, sí pueden influir tanto de forma positiva como de manera negativa en los procesos de innovación llevados a cabo por los agentes.

Los tres elementos del entorno que más condicionan los procesos de innovación son (1) los mercados de bienes y servicios, (2) los mecanismos de financiación y (3) el capital humano (Fundación Cotec, 2007).

En cuanto al efecto de los mercados de bienes y servicios tecnológicos, se considera que la demanda puede ejercer como mecanismo dinamizador que impulse de algún modo los procesos de innovación de los agentes. A este respecto se observa que durante los últimos años en España ha aumentando considerablemente la demanda interna de productos de alta y media alta tecnología hasta llegar a los patrones de la Unión Europea. No obstante, esta evolución de la demanda no ha sido acompañada con un impulso adecuado por el lado de la oferta, por ello las importaciones de bienes tecnológicos han aumentado también de forma significativa.⁵⁹

⁵⁹ Las importaciones de productos tecnológicos pasaron en España de 173,2 millones de euros en 2001 a 285 millones en 2007.

En segundo lugar, respecto a los mecanismos de financiación, se observa una consolidación de instrumentos y mercados financieros propios de las actividades de I+D. Así, en la actualidad España cuenta con un mercado financiero para empresas tecnológicas y de alto crecimiento (creado en 1999) en el que cotizan trece compañías. Además, los fondos de capital riesgo –herramienta financiera muy adecuada para la financiación de la actividad innovadora– han mostrado incrementos considerables hasta llegar a una situación comparable a la de la media de la Unión Europea.⁶⁰ No obstante, en España estos fondos se dedican en una menor medida a la financiación de sectores tecnológicos, desviándose recursos hacia sectores con menor capacidad de innovación; con ello, su contribución a la actividad innovadora ha sido menor de lo deseado.⁶¹

El tercer factor del entorno con influencia directa en los procesos de innovación es el capital humano. A este respecto, España muestra ciertas carencias en comparación con el resto de los países de su entorno. En la enseñanza obligatoria, aunque el gasto por estudiante se sitúa en la media de los principales países desarrollados, los resultados no se corresponden con estos niveles; así, los estudiantes en España muestran una capacidad en comprensión lectora, conocimientos matemáticos y científicos por debajo de la media de los países de la OCDE; además, los niveles de abandono escolar tras finalizar la etapa de educación obligatoria, son de los más elevados de la UE. Respecto a los estudios de formación profesional, se observa que el peso de éstos dentro del conjunto del sistema educativo español es menor en comparación con el de los países de nuestro entorno. En cuanto a la enseñanza universitaria, aunque el número de estudiantes por millón de habitantes es similar al de la UE, el gasto por estudiante español es aproximadamente la mitad del europeo. Finalmente, se observa una importante carencia en lo que respecta a la formación continua de los trabajadores, ya que la participación en programas de formación de este tipo es la mitad de la media europea y sólo la cuarta parte de la de los países más avanzados.

Por último, aparte de estos tres elementos básicos, hay otros factores del entorno que influyen en los procesos de innovación tales como la difusión de la sociedad de la información o incluso la actitud social hacia la ciencia, la tecnología y la innovación. En

⁶⁰ En 2001, el capital riesgo español fue del 1,35 por mil del PIB; frente al 1,29 por mil de la UE y el 3,26 por mil de EEUU.

⁶¹ En 2001 sólo el 8,5 por ciento de los fondos de capital riesgo español se destinó a sectores tecnológicos, dirigiendo los recursos a productos de consumo (24,4 por ciento), productos y servicios industriales (10,2 por ciento), química y materiales (10,7 por ciento) y otros servicios (19,8 por ciento) (Fundación Cotec, 2004).

cuanto a la consolidación de la sociedad de la información, casi todos los indicadores muestran para España una posición desventajosa respecto al conjunto de países de su entorno, posición que además ha tendido a deteriorarse en los últimos años⁶². Finalmente, el interés de la sociedad española hacia la ciencia, la tecnología y la innovación sigue siendo inferior a al de la media de los países europeos, sin que esta situación haya mejorado sensiblemente en los últimos años.

2.3. Indicadores del sistema español de innovación

Una vez estudiados los agentes, nos detendremos en los indicadores más significativos del sistema de innovación. Éstos se pueden dividir en dos grupos diferenciados: el primer grupo se refiere a los recursos que una economía dedica a las actividades de innovación y engloba a los gastos en I+D y a los recursos humanos destinados a la investigación; el otro tipo de indicadores se centra en los resultados del sistema de innovación e incluye datos de patentes, indicadores bibliométricos y datos referentes al comercio de productos tecnológicos.

2.3.1. Recursos dedicados a la innovación

Comenzaremos analizando los gastos en I+D de la economía española. En este ámbito, a pesar del crecimiento que se ha experimentado desde los años 80 (Gráfico 3.4), el gasto español en I+D se encuentra por debajo de los países de su entorno tanto en valores absolutos como relativos.

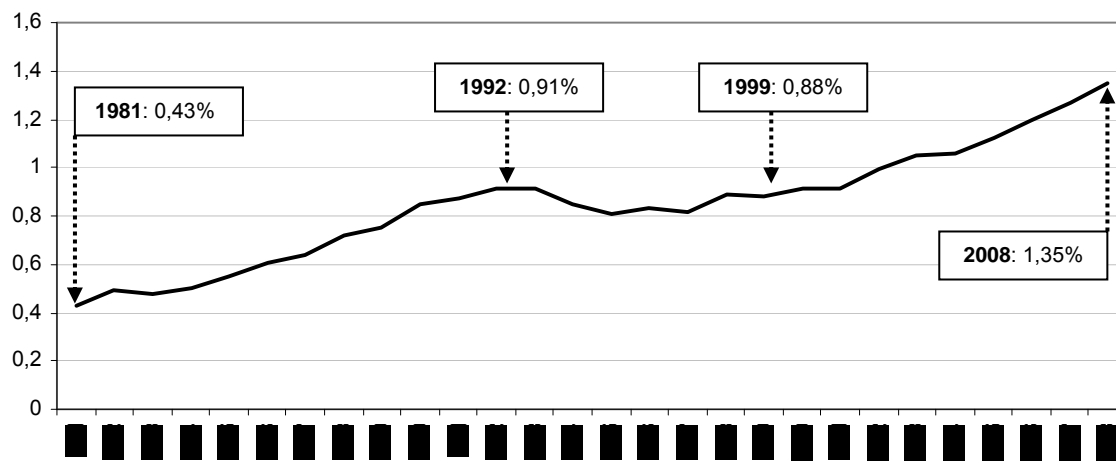
El gasto en I+D ha evolucionado desde el 0,43 por ciento del PIB en 1981 hasta el 1,35 por ciento en 2008. Como se observa en la Gráfico 3.6, el crecimiento ha sido ininterrumpido entre 1981 y 1992, año en el que se frenó esta tendencia hasta finales de la década de los noventa. Finalmente, desde 1999 y hasta la actualidad, este indicador ha vuelto a experimentar una etapa de continuo crecimiento.⁶³

⁶² Una muestra de ello es el Índice de Desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (IDI), que, elaborado por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, considera once indicadores relacionados con el acceso, la utilización y los conocimientos tecnológicos. España presenta en 2008 un índice IDI inferior al de todos sus socios europeos exceptuando a Grecia y Portugal (UIT, 2010).

⁶³ Conviene tener en cuenta que parte del crecimiento mencionado se puede atribuir a cambios en la elaboración de las series de gasto en esos conceptos por parte del INE (Molero, 2007).

Desde los años noventa, el crecimiento en términos absolutos del gasto español en I+D ha sido muy superior al de los principales países de la OCDE. Así, exceptuando los años entre 1993 y 1997, el gasto total monetario ha crecido a una tasa anual acumulativa siempre superior al 10 por ciento en España, mientras que en los países de la OCDE este ritmo ha estado en torno al 5 por ciento (Fundación Cotec, 2009).

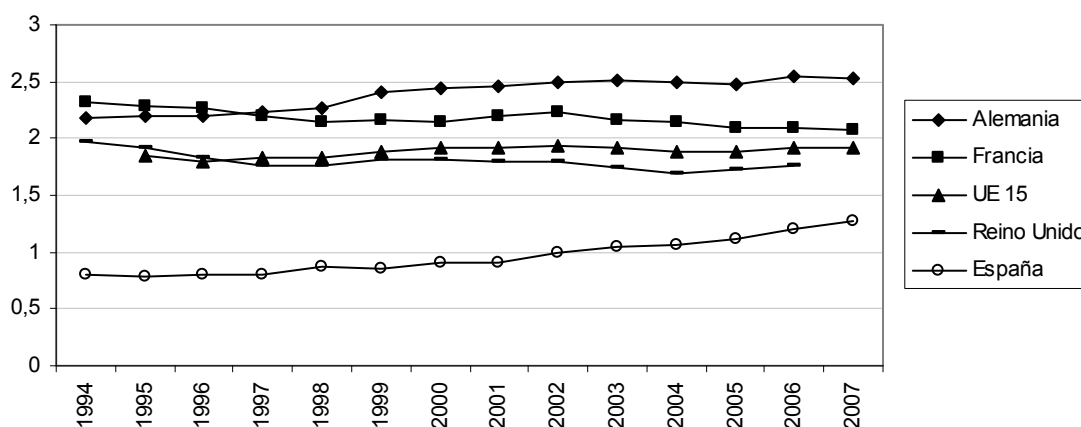
Gráfico 3.6: Gastos internos totales en actividades de I+D en porcentaje del PIB (1988-2008)



Fuente: INE y elaboración propia.

No obstante, como hemos apuntado previamente, esta evolución no ha sido suficiente como para lograr la convergencia absoluta con los países de nuestro entorno. Como se observa en el gráfico siguiente, aunque se ha experimentado un cierto acercamiento, España mantiene un nivel inferior de esfuerzo tecnológico medido como proporción del gasto en I+D sobre el PIB. Así, en 2007, el 1,27 por ciento de la economía española se sitúa lejos de la media de la UE-15 (con un 1,91 por ciento) pero más aún de países como Alemania y Francia que registran un 2,53 y un 2,08 por ciento respectivamente.

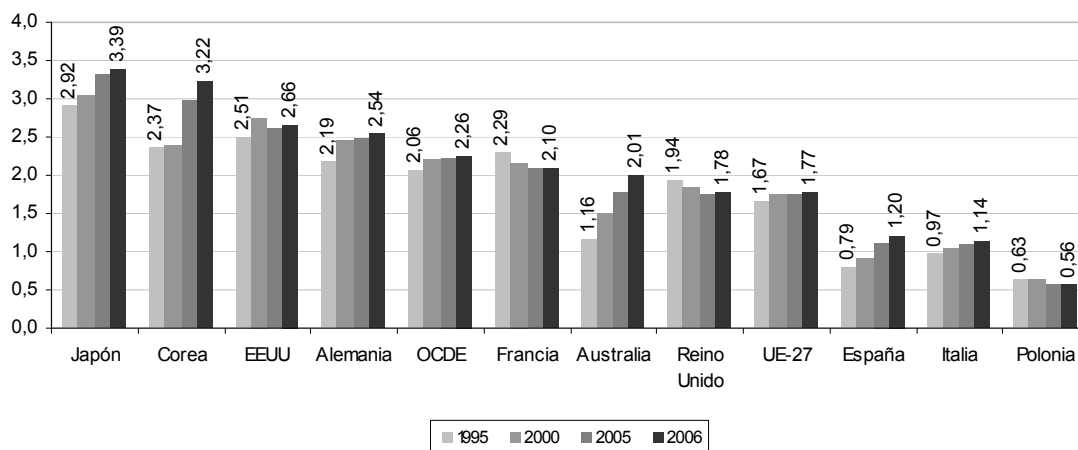
Gráfico 3.7: Gastos en I+D en porcentaje del PIB por países (1994-2007)



Fuente: INE y elaboración propia.

Ampliando la comparación a los principales países de la OCDE, se observa una distancia todavía mayor de la economía española. Concretamente, el esfuerzo en I+D español es sólo la mitad de la media de la OCDE y un poco más de la tercera parte del de Japón (Gráfico 3.8).

Gráfico 3.8: Gastos en I+D en porcentaje del PIB en los países industrializados (1995, 2000, 2005 y 2006)

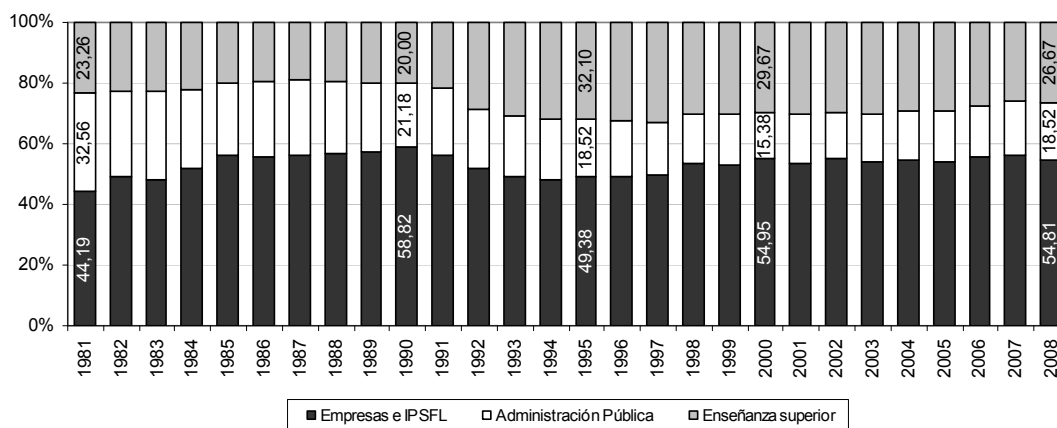


Fuente: OCDE, 2008.

Al analizar la distribución del gasto en I+D por sector de ejecución en España (Gráfico 3.9) se puede constatar un importante aumento del peso en el gasto total de las empresas y las instituciones privadas sin fines de lucro (IPSFL), pasando del 44,19 por ciento en 1981 al 54,81 en 2008; junto con una fuerte reducción del papel de la administración pública que, partiendo del 32,56 por ciento en 1981, se sitúa en el 18,52 en 2008. Finalmente, la enseñanza superior se mantuvo en unos niveles alrededor del 20 por ciento hasta el comienzo de la década de los 90; a partir de entonces, su peso

aumentó hasta situarse en niveles superiores al 30 por ciento para volver a reducirse levemente hasta un 26,67 por ciento del gasto total en I+D en 2008.

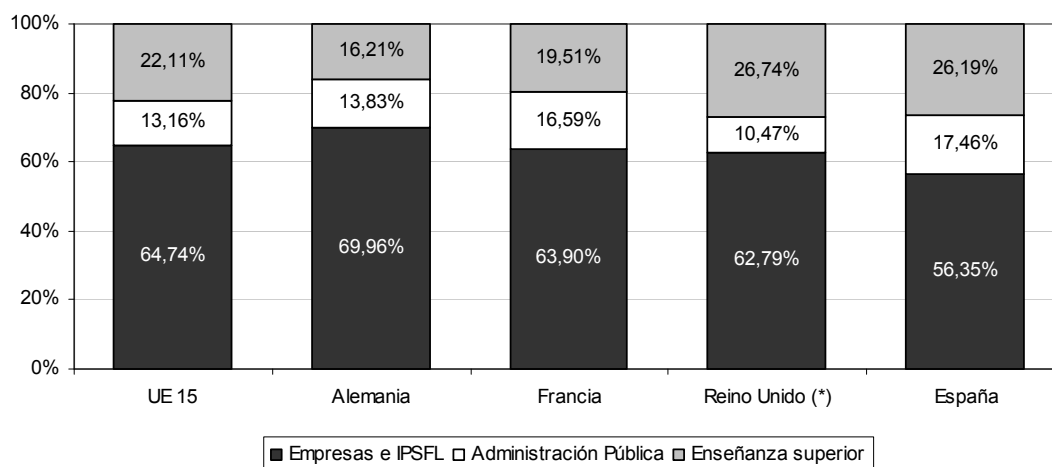
Gráfico 3.9: Distribución de los gastos internos en I+D por sectores de ejecución en porcentaje del total (1981-2008)



Fuente: INE y elaboración propia.

La evolución experimentada por la distribución del gasto total según los sectores de ejecución ha supuesto un acercamiento a los estándares europeos en la medida en que el peso del gasto empresarial en las actividades de innovación ha crecido significativamente. A pesar de ello, ese sector empresarial sigue representando un papel menos relevante que el que tienen los de países de nuestro entorno. Así, como se observa en el siguiente gráfico, las empresas realizaron en 2007 un 56,35 por ciento del gasto total en I+D español, mientras que en la Unión Europea este dato fue del 64,74.

Gráfico 3.10: Distribución de los gastos internos en I+D por sectores de ejecución en porcentaje del total (UE 15, Alemania, Francia, Reino Unido y España)



(*) Datos de 2006.

Fuente: INE y elaboración propia.

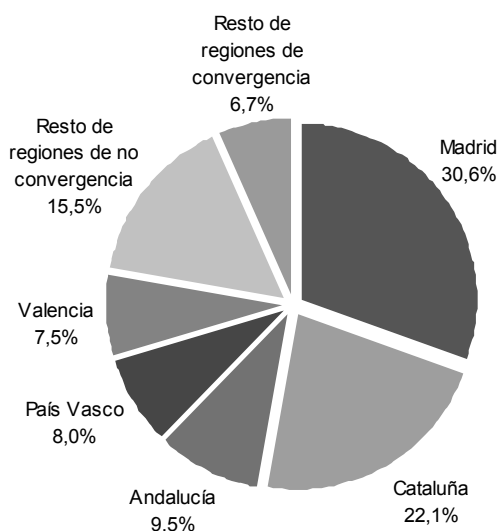
Este hecho supone que, si bien las importantes diferencias en la actividad innovadora de la economía española y de los principales países desarrollados se muestran tanto desde el sector público como desde el sector privado, en este último, las diferencias son mucho más significativas. De hecho, según datos de la OCDE, en España, el gasto en I+D realizado por la administración en 2004 fue del 0,44 por ciento del PIB frente al 0,64 por ciento en la UE 25 (dato de 2003) y el 0,83 por ciento en EEUU. Ese mismo año, las empresas españolas realizaron un gasto en I+D equivalente al 0,51 por ciento del PIB mientras que en la UE 25 contribuyeron con un 0,96 por ciento y en EEUU con un 1,71 por ciento.

Otra característica del sistema español de innovación que se aprecia al analizar los datos de gastos en I+D es la diferencia existente entre regiones y la gran concentración de la actividad innovadora en un reducido número de comunidades autónomas. En los siguientes gráficos se puede observar el peso de cada región española en el gasto nacional en I+D en 2000 y 2008. Para facilitar la clasificación, se distinguen las principales comunidades autónomas (Madrid, Cataluña, País Vasco, Andalucía y Comunidad Valenciana) y el resto se agrupan siguiendo el criterio de la Comisión Europea que distingue entre las regiones incluidas en el objetivo de convergencia (es decir, Andalucía, Castilla-La Mancha, Galicia y Extremadura) y el resto de comunidades autónomas.

Como se puede observar, Madrid, Cataluña, Andalucía, País Vasco y Valencia concentran más del 75 por ciento del gasto en I+D español. Asimismo, y aunque su peso

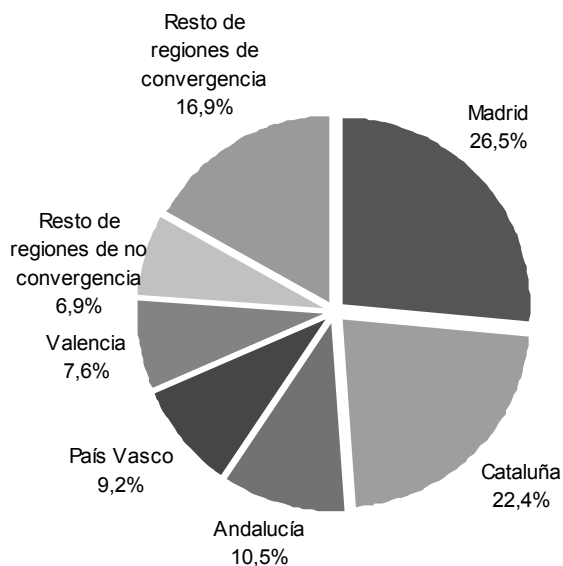
se ha reducido proporcionalmente entre 2000 y 2008, el papel de Madrid y Cataluña en las actividades de I+D es significativamente superior al resto, llegando a concentrar casi el 50 por ciento del gasto total.

Gráfico 3.11: Contribución de las comunidades autónomas a la I+D total (gasto en I+D de las comunidades autónomas en porcentaje del total, 2000)



Fuente: Fundación Cotec (2009).

Gráfico 3.12: Contribución de las comunidades autónomas a la I+D total (gasto en I+D de las comunidades autónomas en porcentaje del total, 2008)

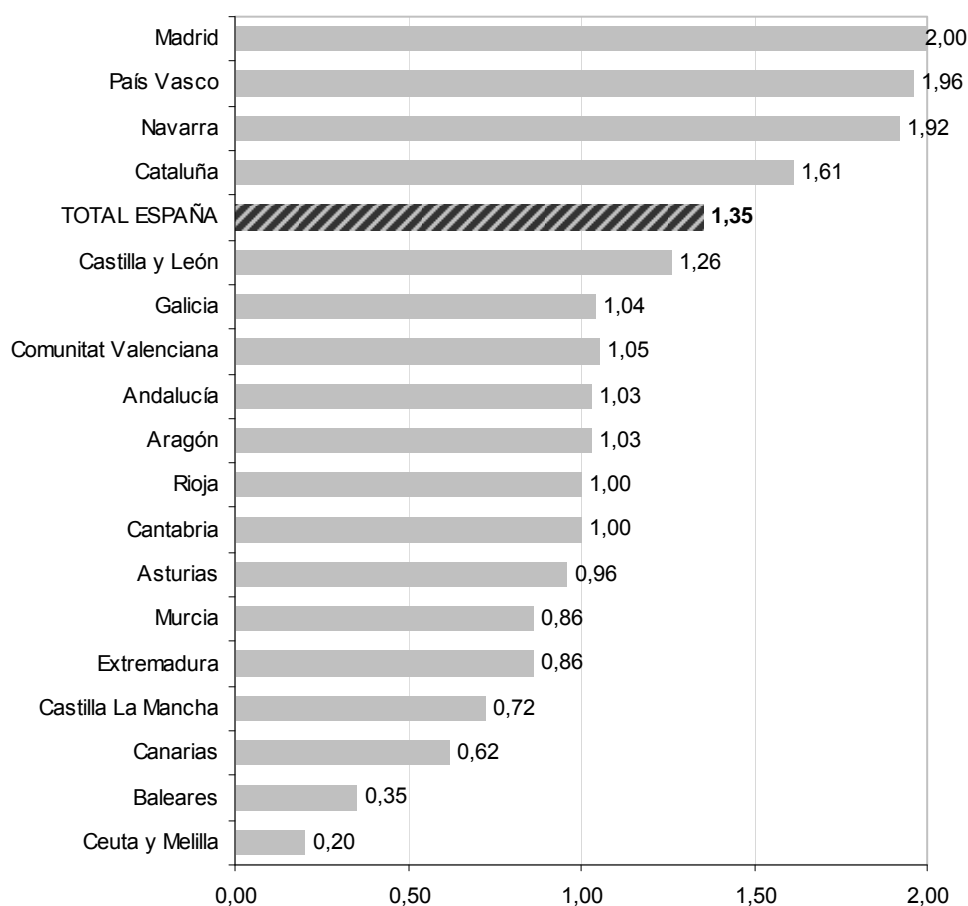


Fuente: INE y elaboración propia.

En el Gráfico 3.13, considerando los gastos en I+D como porcentaje del PIB, se constata que las regiones españolas varían entre el 2 por ciento que presenta Madrid y el

0,20 de Ceuta y Melilla o el 0,35 de Baleares. Un grupo importante de regiones se sitúan en un gasto en I+D en torno al 1 por ciento del PIB. Finalmente, por encima de la media española nos encontramos con las comunidades con mayor esfuerzo innovador, es decir, Madrid, País Vasco, Navarra y Cataluña.

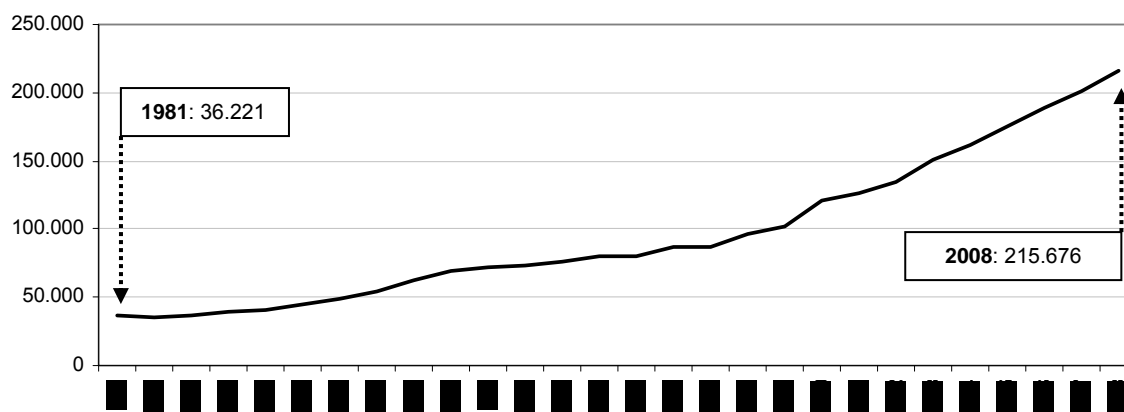
Gráfico 3.13: Porcentaje de gastos en I+D respecto al PIB a precios de mercado por comunidades autónomas (2008)



Fuente: INE y elaboración propia.

Al analizar la evolución de los recursos humanos dedicados a la innovación, se observa un crecimiento considerable desde 1981 tanto del número de investigadores como del total de empleados en actividades de I+D. La evolución de este indicador ha sido, a diferencia del gasto en I+D como porcentaje del PIB, siempre positiva desde los años 80, lo que ha llevado a pasar de los 36.221 empleados en equivalencia a jornada completa (EJC) de 1981 a más de 200.000 en 2008.

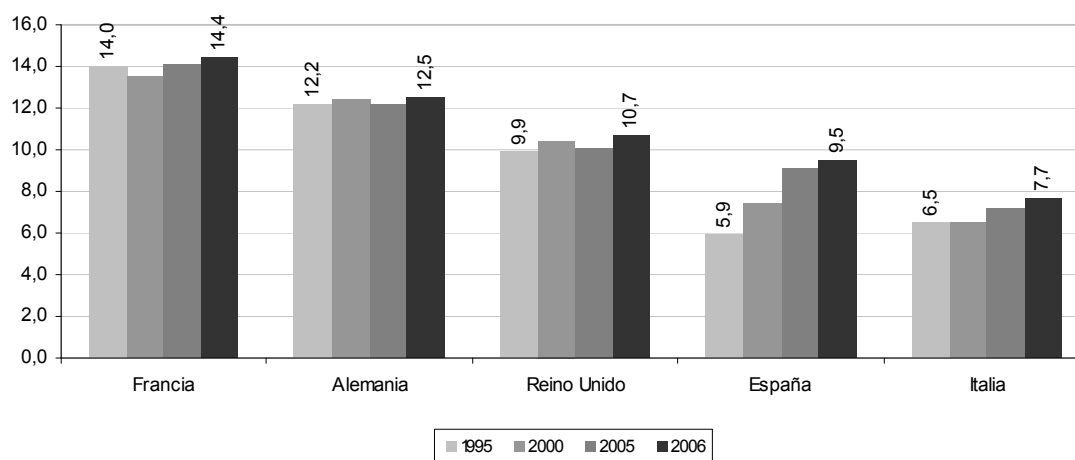
Gráfico 3.14: Personal dedicado a actividades de I+D en EJC (1981-2008)



Fuente: INE y elaboración propia.

En comparación con los principales países de la UE, el crecimiento del empleo en I+D respecto al total de la población ha sido en España muy superior a la tendencia mostrada en países como Alemania, Francia o el Reino Unido, lo que ha permitido recortar notablemente la distancia que nos separaba de estos países.

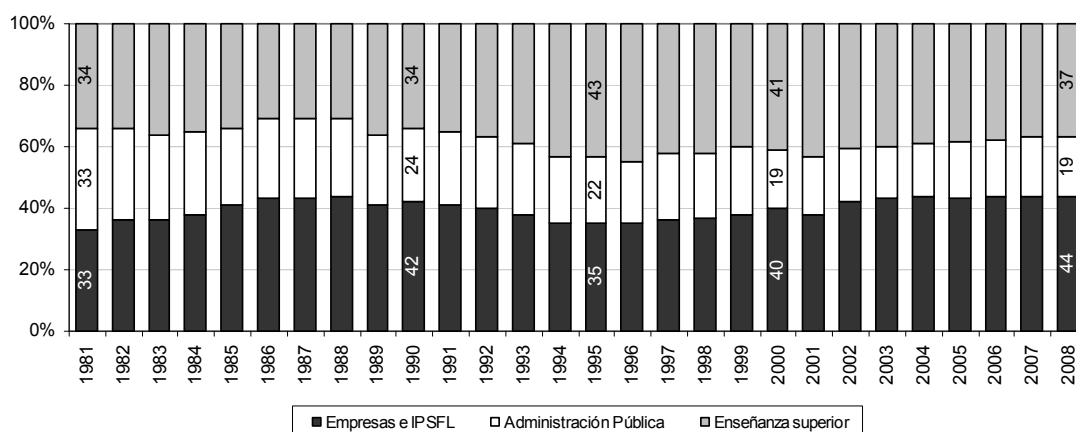
Gráfico 3.15: Personal dedicado a actividades de I+D por cada mil ocupados en Francia, Alemania, Reino Unido, España e Italia (1995, 2000, 2005 y 2006)



Fuente: OCDE y elaboración propia.

Si se desglosa el comportamiento de los recursos humanos empleados en I+D según los distintos sectores de ejecución, se puede observar cómo el crecimiento ha sido especialmente significativo en el sector privado (empresas e IPSFL): este sector ha pasado de emplear únicamente al 33 por ciento del personal en I+D en 1981 a un 44 por ciento en 2008.

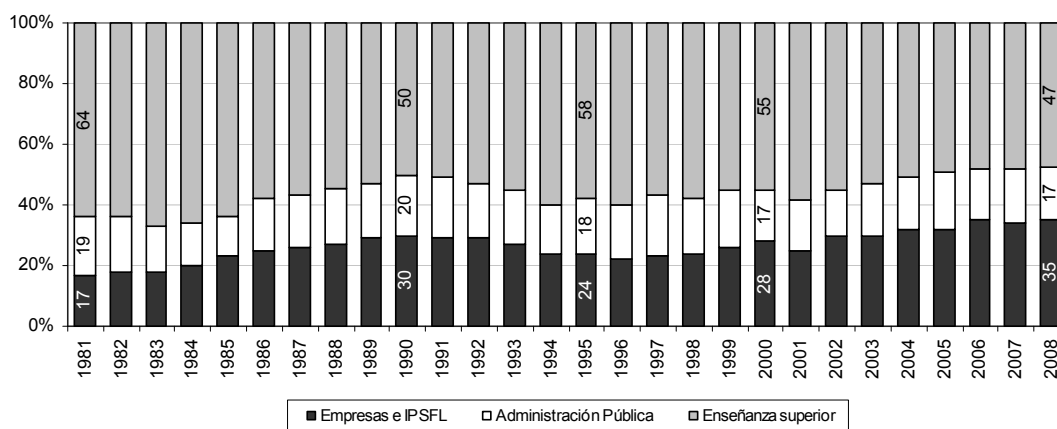
Gráfico 3.16: Distribución del personal empleado en actividades de I+D por sector de actividad en porcentaje del total (1981-2008)



Fuente: INE y elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto al número de investigadores, se observa que la mayor parte de ellos desarrollan su actividad en el sector de la enseñanza superior (un 47 por ciento en 2008). No obstante la tendencia muestra cómo las empresas e IPSFL han ido acaparando con el tiempo una mayor proporción de investigadores (desde un 17 por ciento en 1981 hasta el 35 por ciento del total en 2008).

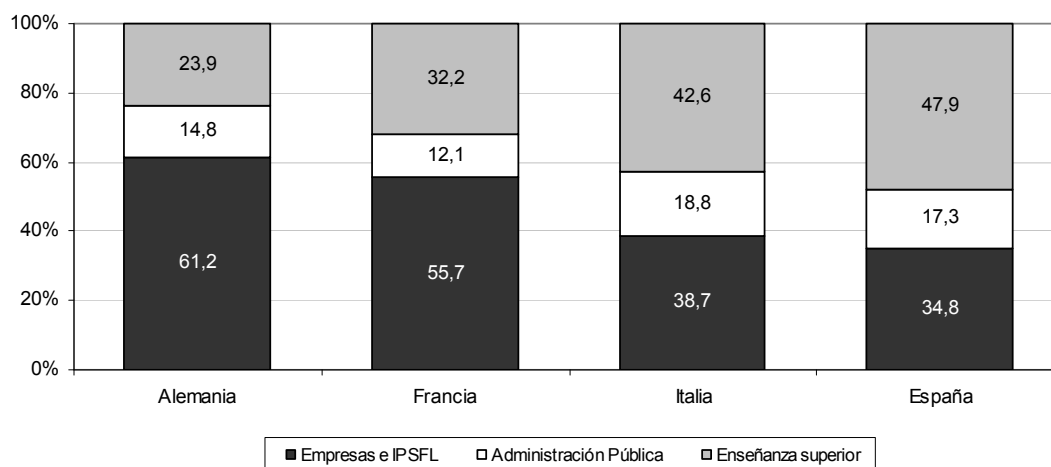
Gráfico 3.17: Distribución del número de investigadores por sector de actividad en porcentaje del total (1981-2008)



Fuente: INE y elaboración propia.

La distribución del número de investigadores por sector de actividad en España se aleja considerablemente del patrón seguido por países de referencia como Alemania y Francia, que concentran a la mayor parte de estos trabajadores en el sector privado. Paralelamente, en nuestro país el aumento experimentado por dicho sector en el número de investigadores no ha sido suficiente para equiparar su situación a los cánones europeos.

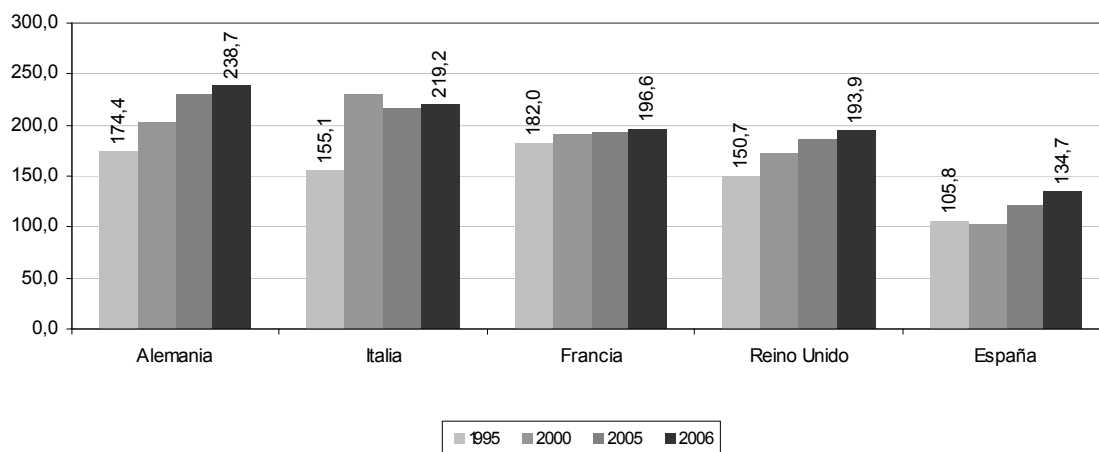
Gráfico 3.18: Distribución del número de investigadores por sector de actividad en Alemania, Francia, Italia y España en porcentaje del total (2006)



Fuente: INE y elaboración propia.

Finalmente, el indudable acercamiento experimentado por España a los principales países europeos en cuanto al número de empleados en actividades en I+D no se ha correspondido con un comportamiento similar del gasto medio por investigador. En 2006, este indicador se movía entre los 238.700 dólares por investigador de Alemania y los 193.900 del Reino Unido; mientras que en España la cifra se situaba en los 134.700 dólares.

Gráfico 3.19: Evolución del gasto medio por investigador en miles de dólares PPC (1995, 2000, 2005, 2006)



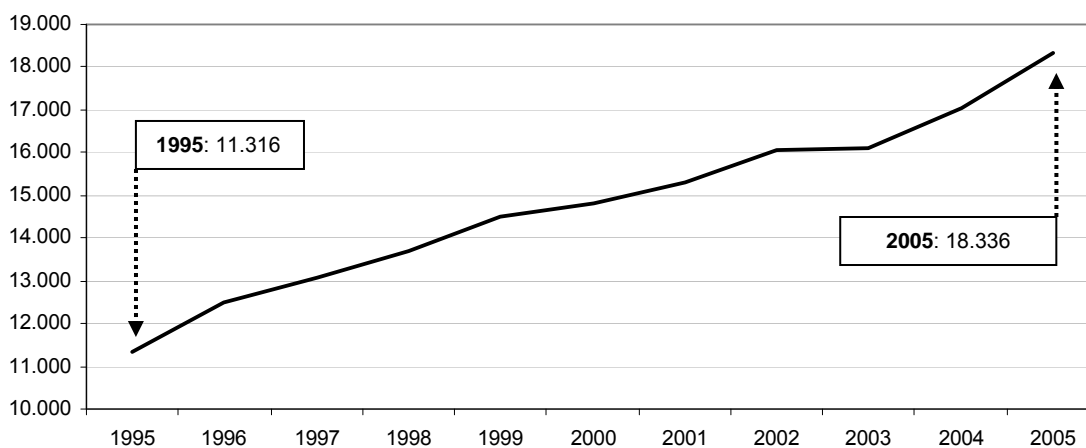
Fuente: OCDE y elaboración propia.

2.3.2. Resultados de la actividad innovadora

A continuación se analizarán los indicadores relacionados con los resultados obtenidos por el sistema español de innovación. Para ello se estudiarán datos referentes a las publicaciones científicas en revistas internacionales, datos de patentes y resultados comerciales de productos tecnológicos.

Los indicadores extraídos del análisis de las publicaciones científicas reflejan parte de los resultados obtenidos por un sistema de innovación en la medida en que desempeñan un papel fundamental en la difusión de los conocimientos científicos nuevos. Atendiendo a los artículos científicos publicados en revistas de difusión internacional englobadas en los índices *Science Citation Index* (SCI) y *Social Sciences Citation Index* (SSCI) se puede observar que la producción científica española ha crecido considerablemente en los últimos años pasando de 11.316 documentos en 1995 a 18.336 en 2005, lo que supone un crecimiento anual medio acumulativo del 4,9 por ciento.

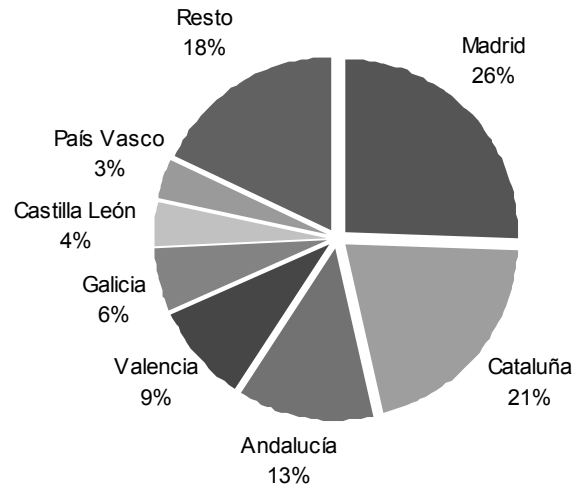
Gráfico 3.20: Evolución del número de artículos científicos españoles en revistas de difusión internacional (1995 - 2005)



Fuente: National Science Foundation y elaboración propia.

La distribución de la producción científica por comunidades autónomas muestra unos patrones muy similares a los del gasto en I+D, es decir, una fuerte concentración en un reducido número de regiones. Así, Madrid, Cataluña, Andalucía y Valencia realizaron el 70 por ciento de la producción científica española en 2008 (Gráfico 3.19). Si se analiza el número de documentos en función del tamaño de la población, además de las citadas comunidades, otras regiones de pequeño tamaño como Navarra, Cantabria o Aragón, muestran una elevada producción por habitante.

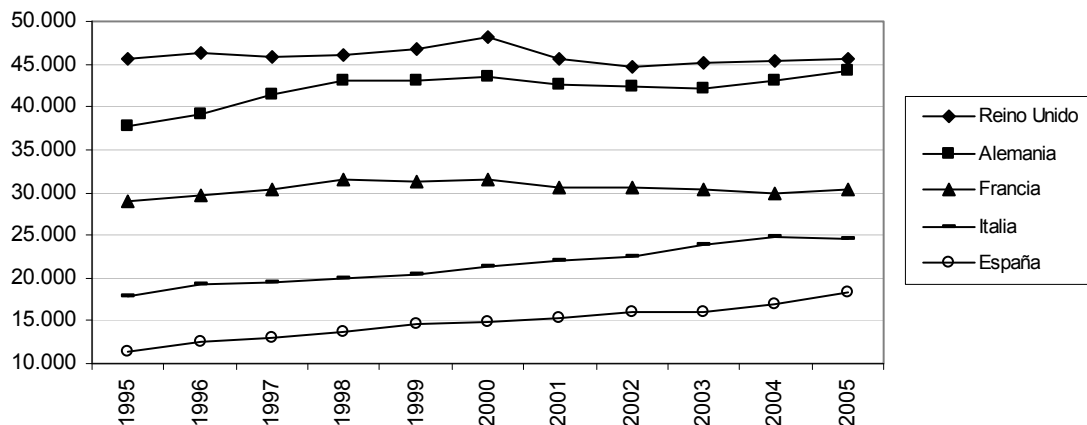
Gráfico 3.21: Producción científica por comunidades autónomas, en porcentaje del total (2008)



Fuente: Moya y Gros (2010) y elaboración propia.

Al comparar la evolución de la producción científica española con la de otros países europeos se observa, en primer lugar, una enorme distancia entre nuestro país y los dos más importantes (Reino Unido y Alemania, que produjeron 45.572 y 44.145 artículos respectivamente en 2005). La situación respecto Francia (con 30.309 publicaciones ese mismo año) e Italia (24.645) es menos desfavorable. No obstante esta diferencia tiende a reducirse con el tiempo, dado que las tasas de crecimiento de estos países han sido considerablemente inferiores a la española.

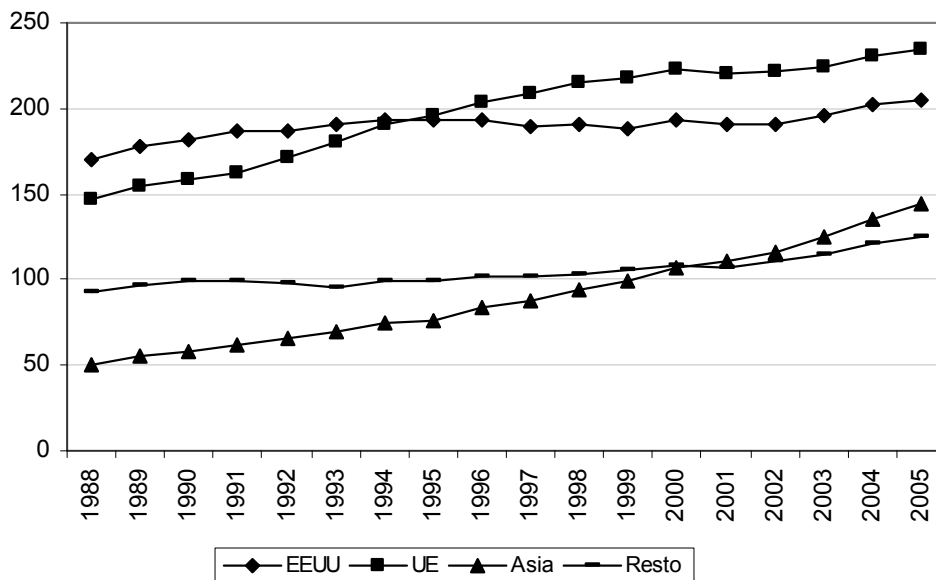
Gráfico 3.22: Evolución del número de artículos científicos del Reino Unido, Alemania, Francia, Italia y España en revistas de difusión internacional (1995 - 2005)



Fuente: National Science Foundation y elaboración propia.

Ampliando el análisis internacional, resulta interesante considerar la evolución experimentada por los países de la Unión Europea en comparación con EEUU y otras regiones del mundo. En el siguiente gráfico se puede observar cómo la producción científica europea sobrepasó a la estadounidense en 1995 y, continuando con su acelerado crecimiento, diez años después ha llegado a situarse significativamente por encima con 234.900 artículos en Europa frente a los 205.300 en EEUU. También es destacable la evolución de los países asiáticos (en especial China, Corea, India, Taiwán y Japón) que les ha llevado a un acercamiento considerable a los resultados europeos y estadounidenses.

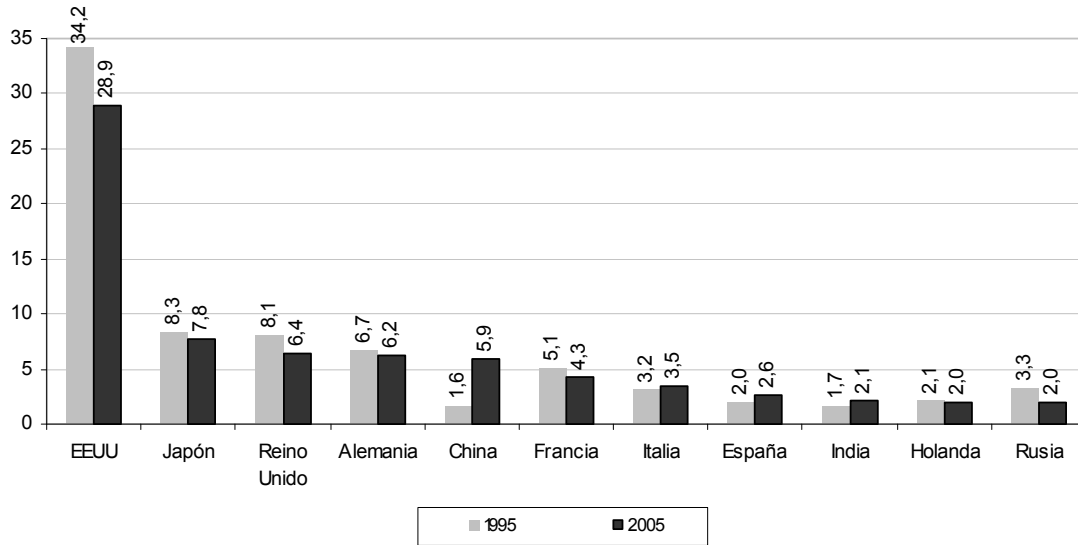
Gráfico 3.23: Evolución del número de artículos científicos de la UE, EEUU, Asia y resto del mundo en revistas de difusión internacional en miles (1988 - 2005)



Fuente: National Science Foundation y elaboración propia.

Las publicaciones científicas mundiales están altamente concentradas en un reducido número de países. Así, entre Estados Unidos y la Unión Europea se produce más del 60 por ciento de los artículos científicos. Como se puede observar, la participación española en la producción mundial ha crecido considerablemente, pasando de un 2 por ciento en 1995 a un 2,6 por ciento en 2005, superando así a países como Holanda o Rusia (Gráfico 3.24).

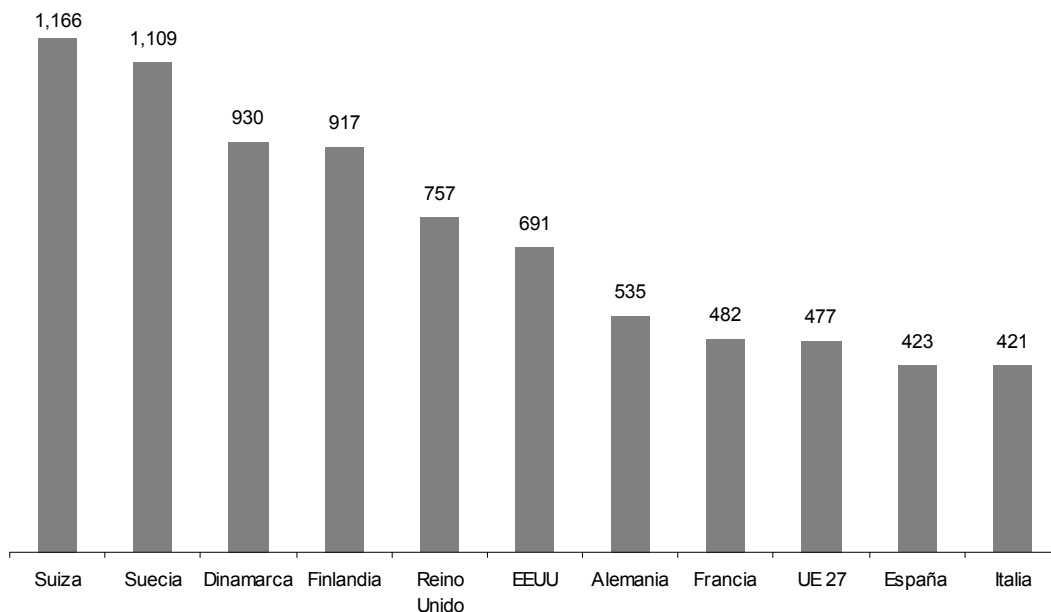
Gráfico 3.24: Porcentaje de la producción mundial de artículos científicos (1995 y 2005)



Fuente: National Science Foundation y elaboración propia.

Finalmente, al estudiar la productividad científica como el número de artículos por cada millón de habitantes, se observa que la posición española (423) es muy similar a la media de la Unión Europea (477) y no muy distante de países de nuestro entorno como Francia o Alemania (Gráfico 3.25). De hecho, el dibujo del sistema español de innovación que presentan los indicadores relacionados con las publicaciones científicas da una imagen considerablemente más positiva que el que ofrecen los datos de recursos dedicados a I+D o los resultados en términos de patentes.

Gráfico 3.25: Artículos científicos por millón de habitantes (2005)

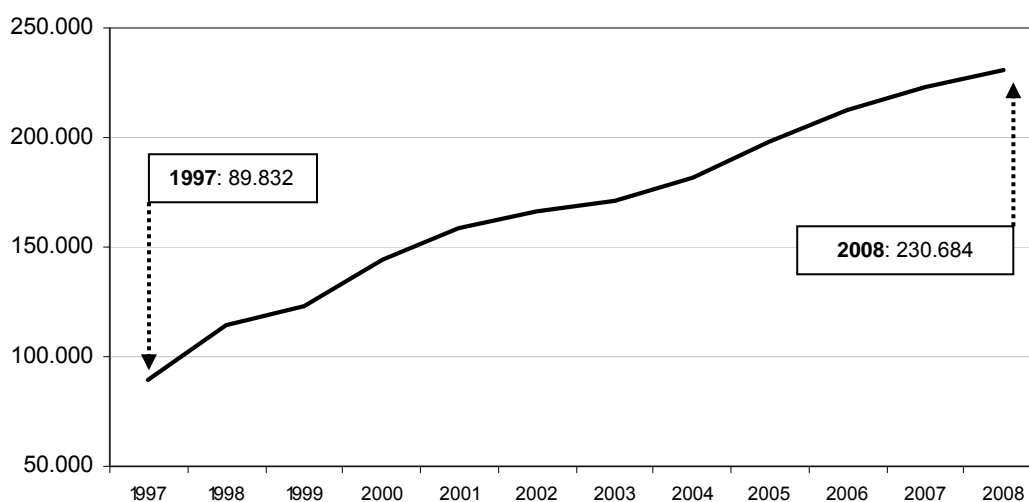


Fuente: National Science Foundation y elaboración propia.

Aunque más adelante se analizarán en mayor detalle los datos referentes a las solicitudes de patentes presentadas en la Oficina Europea de Patentes (OEP), en este punto conviene ofrecer un estudio de los datos de patentes en España incluyendo las patentes presentadas directamente por vía nacional en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) y las que designan a España pero son presentadas en la oficina europea (OEP) y en la mundial (OMPI).

Agregando estos datos, se observa una tendencia de crecimiento continuado y muy significativo desde 1997 hasta la actualidad, con una tasa anual de crecimiento medio acumulativo cercano al 9 por ciento, lo que ha permitido casi triplicar el número de solicitudes, pasando de las 89.832 presentadas en 1997 a las 230.684 del año 2008.

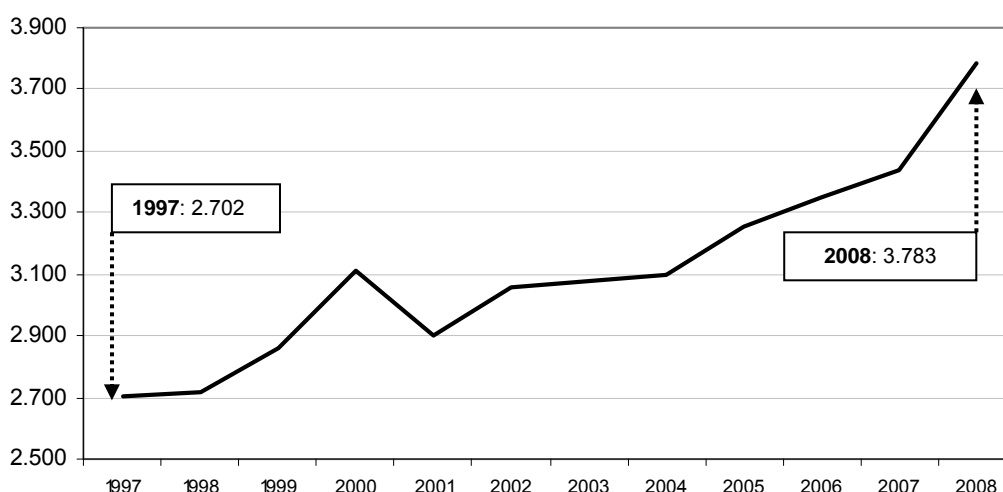
Gráfico 3.26: Solicitudes de patentes con efectos en España (1997 - 2008)



Fuente: OEPM y elaboración propia.

Desglosando estos datos según la vía de solicitud, se observa que la mayor parte de las patentes con efectos en España se solicitan a través de la vía europea, concretamente, en 2008 un 98 por ciento de las solicitudes fueron patentes europeas. Si se consideran únicamente las patentes solicitadas por vía nacional para el mismo periodo, el crecimiento es menos significativo con una tasa media anual algo superior al 3 por ciento.

Gráfico 3.27: Solicitudes de patentes en España por vía nacional (1997 - 2008)



Fuente: OEPM y elaboración propia.

Comparando las solicitudes, las concesiones y la tasa de concesión (calculada como el porcentaje de concesiones respecto al total de solicitudes) podemos observar un crecimiento de las concesiones levemente superior al de las solicitudes. Asimismo, se puede constatar un mayor crecimiento de las solicitudes y concesiones realizadas por los residentes en España que por los no residentes.

Cuadro 3.6: Solicitudes y concesiones de patentes por vía nacional (1997 - 2008)

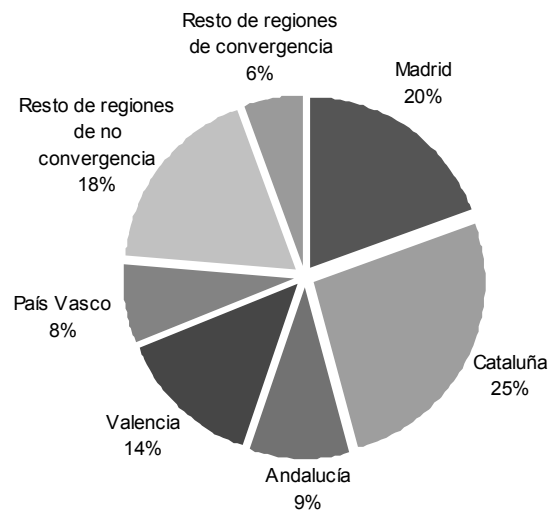
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
SOLICITUDES												
Residentes	2.236	2.270	2.438	2.709	2.523	2.763	2.804	2.864	3.027	3.098	3.244	3.599
No residentes	466	446	421	402	381	292	277	236	225	254	195	184
Total solicitudes	2.702	2.716	2.859	3.111	2.904	3.055	3.081	3.100	3.252	3.352	3.439	3.783
CONCESIONES												
Residentes	1.029	1.622	1.794	1.667	1.699	1.056	1.599	1.642	2.319	1.895	2.317	2.017
No residentes	441	614	674	523	511	247	311	339	342	212	286	185
Total concesiones	1.470	2.236	2.468	2.190	2.210	1.303	1.910	1.981	2.661	2.107	2.603	2.202
Tasa de concesión	54,4%	82,3%	86,3%	70,4%	76,1%	42,7%	62,0%	63,9%	81,8%	62,9%	75,7%	58,2%

Fuente: OEPM y elaboración propia.

Al igual que sucede con el resto de indicadores del sistema español de innovación, cuando se desglosan los datos españoles en las diferentes comunidades autónomas, se observa una importante concentración en un reducido número de regiones, especialmente en Madrid y Cataluña (con un 23 y un 21 por ciento del total de solicitudes por vía nacional en 2008 respectivamente). Si a estas dos comunidades, se les añade Valencia, Andalucía y País Vasco el resultado es que entre las cinco aglutinan más del 75 por ciento de las patentes solicitadas en España.

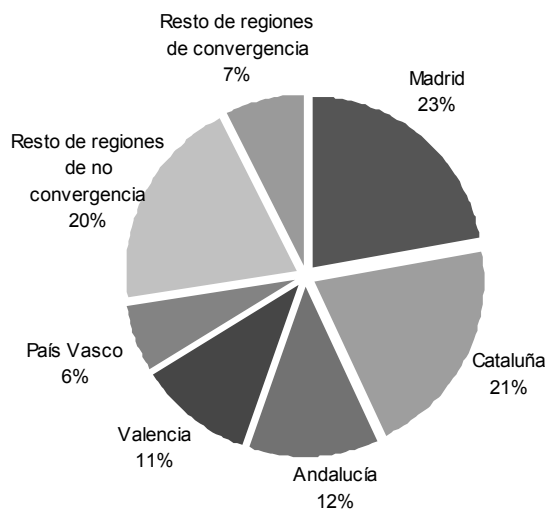
Sin embargo, como se puede observar en los siguientes gráficos, la tendencia en este aspecto es hacia una mayor dispersión. Esto es debido principalmente a una mayor actividad innovadora con resultados de patentes por parte del resto de comunidades autónomas, mostrando muchas de ellas crecimientos anuales en torno al 10 por ciento entre los años 2001 y 2008. Concretamente, Andalucía, Aragón, Baleares, Extremadura, Galicia, Murcia, Navarra y La Rioja se movieron en tasas medias acumulativas del 9 al 12 por ciento anual durante dichos años.

Gráfico 3.28: Solicitudes de patentes, vía nacional por comunidad autónoma (2001)



Fuente: OEPM y elaboración propia.

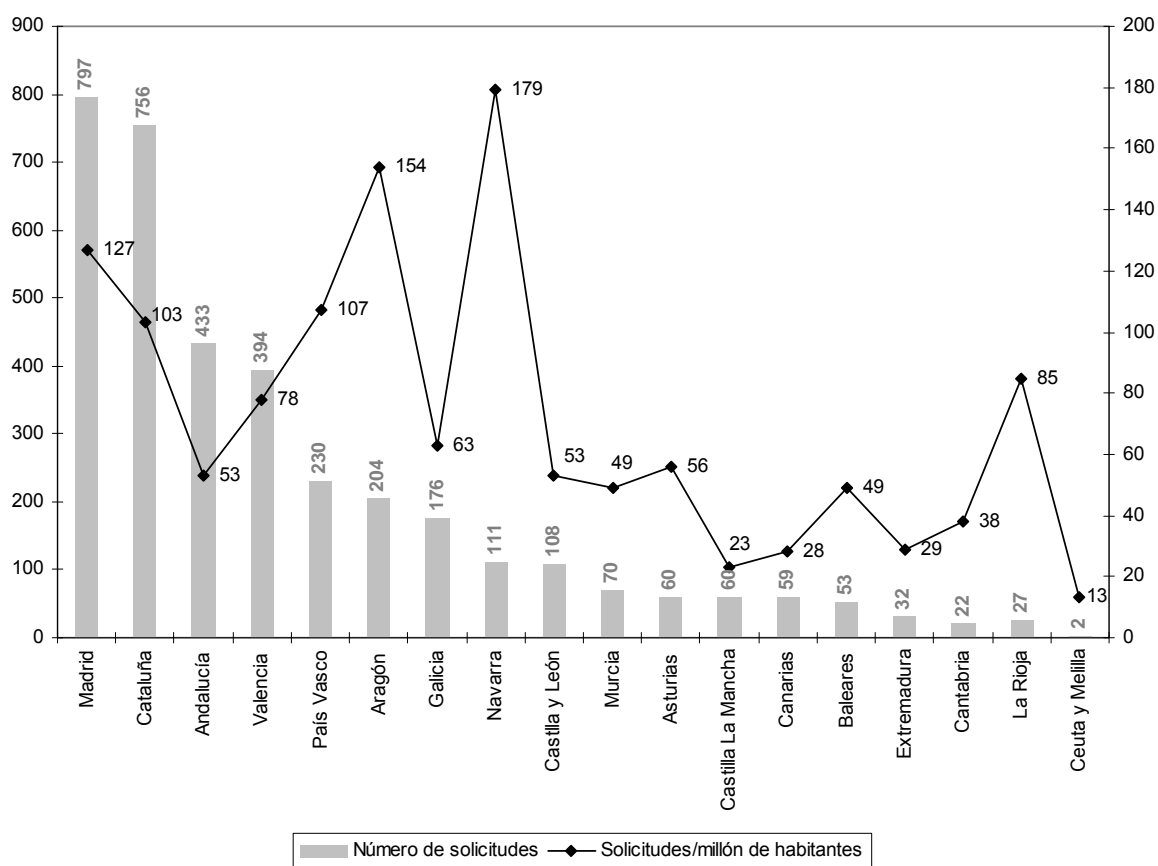
Gráfico 3.29: Solicitudes de patentes, vía nacional por comunidad autónoma (2008)



Fuente: OEPM y elaboración propia.

Al considerar el número de patentes por cada millón de habitantes, destacan algunas comunidades autónomas especialmente productivas en este aspecto tales como Navarra y Aragón, con ratios de 179 y 154 respectivamente. Por encima del ratio de 100 patentes por millón de habitantes únicamente se sitúan, aparte de las dos citadas, las regiones de Madrid, País Vasco y Cataluña. Por debajo, destacan Castilla La Mancha, Canarias y Extremadura, con ratios inferiores a 30 patentes por millón de habitantes.

Gráfico 3.30: Solicitudes de patentes por comunidad autónoma en relación con el número de habitantes (2008)



Fuente: OEPM y elaboración propia.

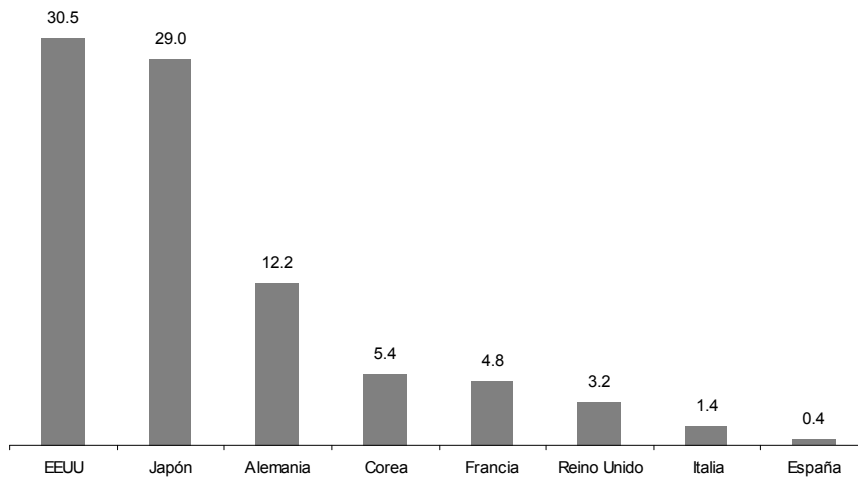
Para situar los resultados españoles en el ámbito internacional, conviene tener en cuenta las patentes triádicas, es decir, las solicitadas simultáneamente en las oficinas de patentes europea (OEP), estadounidense (USPTO) y japonesa (JPO). El análisis de este tipo de patentes resulta especialmente ilustrativo, dado que están consideradas como las de mayor valor económico y mayor impacto tecnológico.

Como se observa en el Gráfico 3.31, Estados Unidos y Japón concentran más de la mitad de las patentes triádicas concedidas en el mundo, mientras que la posición de

España es aún muy poco significativa situándose su participación por debajo del 1 por ciento mundial. Estos resultados están en línea con los niveles españoles de gasto en I+D.

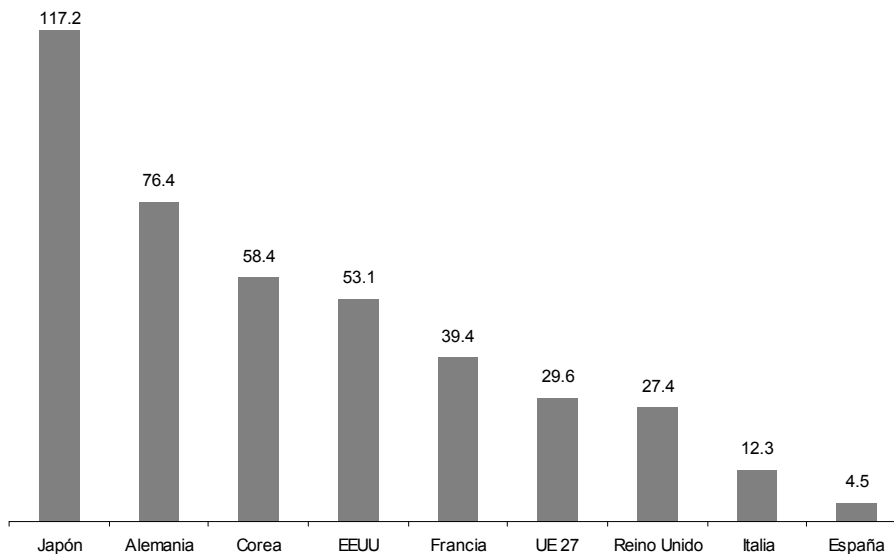
Al analizar las familias de patentes triádicas por millón de habitantes (Gráfico 3.32) se observa que la posición de España (con un ratio de 4,5 en 2005) sigue siendo muy retrasada no sólo con respecto a los líderes mundiales como Japón o Alemania (con un 117,2 y 76,4 respectivamente), sino también con respecto a la media de la Unión Europea situada en un ratio de 29,6.

Gráfico 3.31: Patentes triádicas concedidas en porcentaje del total mundial (2005)



Fuente: OCDE y elaboración propia.

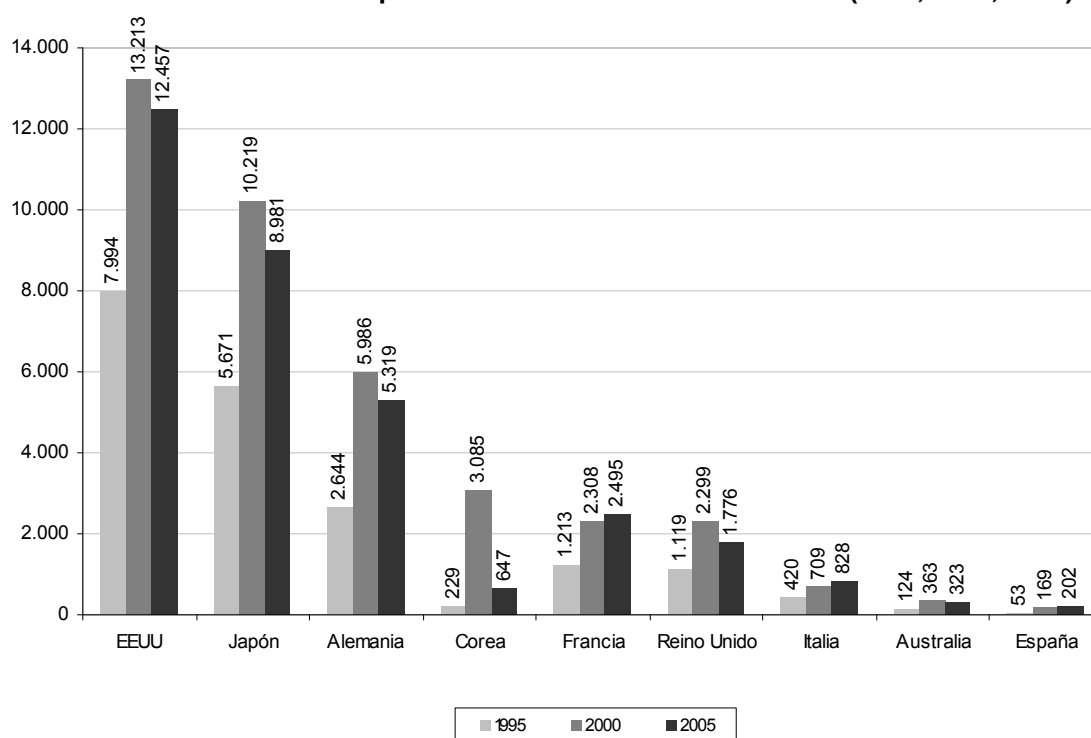
Gráfico 3.32: Patentes triádicas concedidas por millón de habitantes (2005)



Fuente: OCDE y elaboración propia.

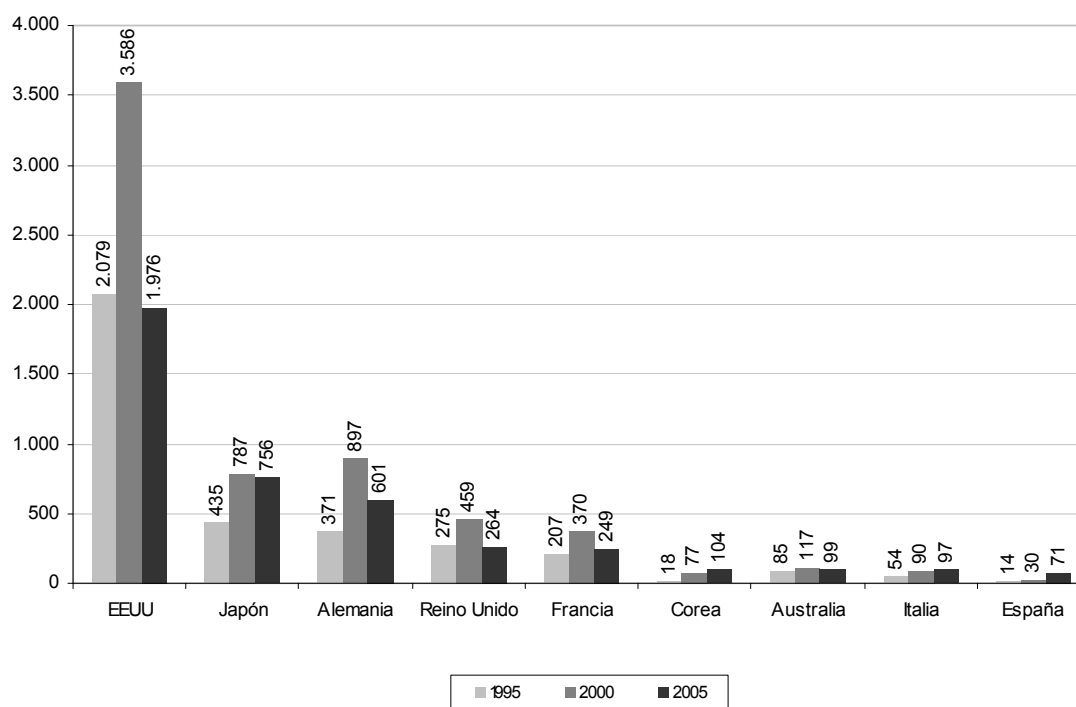
Finalmente, para obtener una imagen más completa de la realidad internacional, parece conveniente reflejar la situación respecto a las patentes solicitadas en sectores de mayor contenido tecnológico. Concretamente, se han incluido en el estudio las patentes solicitadas en la OEP relacionadas con los sectores de las tecnologías de la información y la comunicación (Gráfico 3.33) y la biotecnología (Gráfico 3.34). En ambos casos se puede observar que, pese al crecimiento experimentado por España durante los últimos años, su posición sigue siendo aún muy rezagada con respecto a las principales economías de la OCDE.

Gráfico 3.33: Solicitudes de patentes EPO en el sector de las TIC (1995, 2000, 2005)



Fuente: OCDE y elaboración propia.

Gráfico 3.34: Solicitudes de patentes EPO en el sector de la biotecnología (1995, 2000, 2005)

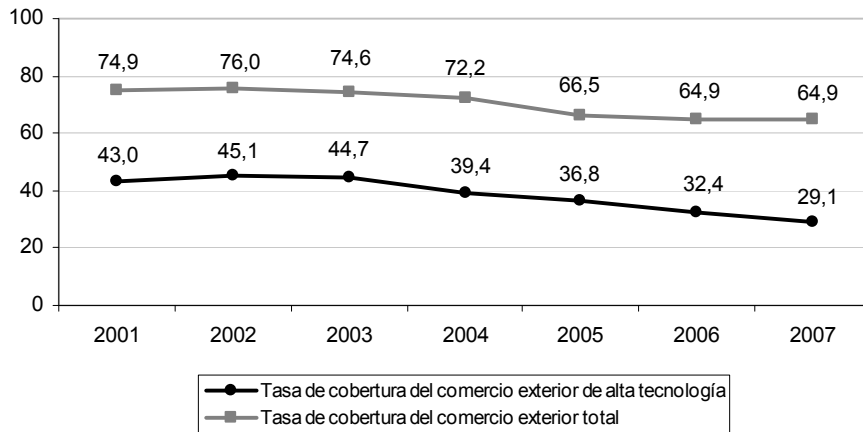


Fuente: OCDE y elaboración propia.

En cuanto a los datos referentes al comercio exterior de productos de alta tecnología, España muestra una importante dependencia exterior que se refleja significativamente en la tasa de cobertura del comercio de productos tecnológicos. Ese ratio para 2007 muestra que las exportaciones de tecnología sólo eran el 29,1 por ciento de las importaciones. Tasa muy por debajo de la registrada para el conjunto del comercio exterior español (64,9 por ciento para ese mismo año) y que además viene disminuyendo progresivamente desde el año 2002.

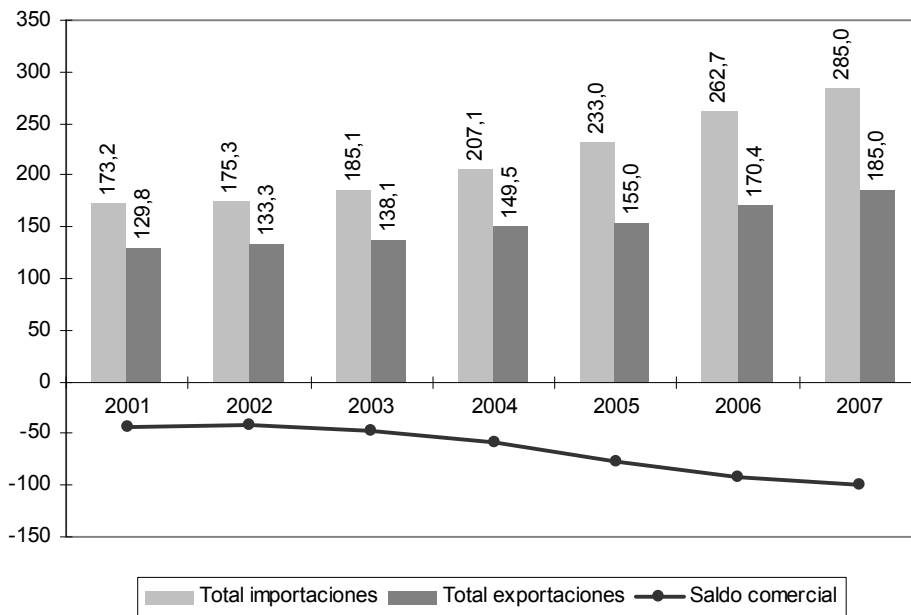
La tendencia observada se ha debido principalmente a la evolución de las compras más que a la de las ventas. Concretamente, las importaciones de productos tecnológicos han venido creciendo a una media del 8,6 por ciento anual entre 2001 y 2007, mientras que las exportaciones lo han hecho a un ritmo medio del 6,1 por ciento al año durante ese período (Gráfico 3.35). Esta dispar trayectoria ha supuesto que el saldo comercial negativo de productos tecnológicos se haya ido incrementando sucesivamente hasta situar a España como el segundo país de la OCDE con mayor déficit de balanza de pagos tecnológicos y el primero en relación a su tamaño en 2003 (Molero, 2007) para seguir aumentando el déficit hasta sobrepasar los 100.000 millones de euros en 2007 (Gráfico 3.36).

Gráfico 3.35: Tasa de cobertura del comercio exterior total y de productos de alta tecnología (2001 - 2007)



Fuente: INE y elaboración propia.

Gráfico 3.36: Exportaciones, importaciones y saldo comercial de productos tecnológicos, en miles de millones de euros (2001 - 2007)



Fuente: INE y elaboración propia.

2.4. Primeras conclusiones acerca del sistema español de innovación

Del análisis realizado sobre los agentes y los indicadores del sistema español de innovación, se pueden extraer las siguientes conclusiones que presentamos a modo de diagnóstico general:

- En primer lugar, España ha partido de un considerable atraso histórico y una gran dependencia tecnológica del exterior. Ambos factores han condicionado enormemente la evolución posterior del sistema nacional de innovación.
- Desde los años ochenta, se ha experimentado un fuerte desarrollo en el marco institucional, así como un gran impulso en los recursos destinados a la I+D y en los resultados obtenidos por el sistema. Esta evolución positiva ha facilitado un considerable acercamiento a los estándares de los principales países desarrollados, pero no ha sido suficiente para superar el rezago inicial de modo que España aún se encuentra en desventaja respecto a la media de la OCDE.
- El esfuerzo realizado ha sido especialmente intenso en aspectos relacionados con el sector público, tanto en los ámbitos institucionales, como en lo que respecta al gasto público, al personal dedicado a la I+D y a las publicaciones científicas.
- Sin embargo, la implicación del sector empresarial ha sido menos satisfactoria. Se constatan avances más pequeños en la dedicación empresarial en I+D y en los resultados obtenidos por las empresas en la actividad innovadora, así como una menguada capacidad de generación e incorporación de innovaciones a la actividad productiva y empresarial.
- Otro punto débil del sistema español de innovación es la reducida eficiencia innovadora. Para analizar la eficiencia basta con comparar la posición española en cuanto a los recursos dedicados a la innovación (el número 13, en la UE 25, según Eurostat) con la que ocupa respecto a los resultados obtenidos (en este caso se sitúa en el 22 del mismo grupo de países). La diferencia entre ambas indica que los recursos empleados en

innovación están generando en España unos resultados proporcionalmente inferiores a los que obtienen el resto de países europeos y, por lo tanto, que en nuestro país estos recursos se emplean de forma menos eficiente.

- Finalmente, cabe destacar la gran concentración geográfica del sistema español de innovación en un número reducido de comunidades autónomas. Madrid y Cataluña aglutinan en torno al 50 por ciento de los recursos y de los resultados obtenidos por el sistema. Si a estas dos regiones les añadimos Andalucía, Valencia y País Vasco, entonces este porcentaje se sitúa entorno al 75 por ciento del total. El resto del país queda prácticamente al margen de las actividades innovadoras.

Una vez estudiado el marco en el que tienen lugar las actividades de innovación en España pasamos, en el apartado siguiente, a describir los datos que emplearemos para elaborar y analizar las redes de empresas innovadoras.

3. Los datos

Para el estudio de las redes de empresas innovadoras hoy día disponemos de una fuente de información muy útil ya que permite obtener datos enormemente detallados y fiables: los documentos de patentes. En ellos se recoge, entre otras cosas, información acerca de las empresas que solicitan y registran la patente así como de los inventores que han participado en el proceso de invención. Esta información permite descubrir relaciones de cooperación entre empresas y entre inventores que, al conectarse entre sí, describen una red.

En nuestro caso hemos obtenido de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) los datos de todas las patentes europeas solicitadas en España desde que existe registro de esta actividad (es decir, desde 1978) hasta 2008.

Las patentes europeas tienen validez en los estados miembros de la Unión Europea⁶⁴ y, si bien en España su registro es sensiblemente inferior al de las patentes nacionales, se ha optado por analizar los datos europeos ya que solo éstos recogen toda la información necesaria para la adecuada elaboración de redes: en concreto, se necesita extraer información acerca de la fecha de solicitud, nombre y dirección de los solicitantes y nombre y dirección de los inventores. Las patentes europeas reflejan toda esta información, sin embargo, en el caso de las patentes nacionales, no aparece la dirección del inventor, lo que impide la elaboración de redes regionales tal y como veremos más adelante.

Para la construcción de redes de innovación ha sido necesario tratar detalladamente los datos obtenidos originariamente de la OEPM con el fin de elaborar una base de datos en la que se identifica a todos los solicitantes e inventores junto con las direcciones postales de cada uno de ellos así como con todas las patentes en las que han participado, los productos patentados y las fechas de solicitud de la patente.

En el apartado 3.2 describiremos la forma en la que se ha empleado esta información para elaborar las redes de empresas innovadoras. Pero antes, creemos conveniente hacer un breve repaso de las ventajas e inconvenientes que presentan los datos de patentes.

⁶⁴ Concretamente en los 32 países firmantes del Convenio de Munich de 1972, que son, mayoritariamente, países de la Unión Europea.

3.1. Ventajas e inconvenientes del uso de datos de patentes

Una patente de invención es una “figura jurídica conforme a la cual un inventor inscribe el fruto de su ingenio en el Registro de la Propiedad Industrial, con lo cual se le confiere el monopolio temporal de su explotación, de modo que quienes quieran aprovecharlo deben pagarle un canon” (Tamames y Gallego, 2006; p. 608).

De esta forma, las patentes constituyen el resultado de una parte de la actividad innovadora en una economía. Más concretamente, representan el resultado o producto de aquellas invenciones de las que se espera obtener un cierto beneficio o impacto económico (Archibugi, 1992). Por ello, se considera que los datos de patentes, a pesar de las dificultades que puedan presentar, son un buen indicador de la actividad de innovación en la economía (Griliches, 1990; Archibugi, 1992; Andersen, 2001).

3.1.1. Ventajas

La primera ventaja que muestran los datos de patentes deriva de su facilidad de acceso tanto para una gran cantidad de países como para largos periodos de tiempo. Esta característica, unida a la homogeneidad que presentan las leyes de patentes entre distintos países, permite al investigador realizar un amplio rango de comparaciones internacionales para extensas series temporales de datos.

En segundo lugar, el detalle que ofrecen los datos de patentes acerca de las invenciones patentadas facilita el desarrollo de análisis pormenorizados empleando criterios de clasificación como el tipo de tecnología, la industria o sector de actividad, la localización geográfica del inventor o de la empresa y la fecha de la invención.

Al mismo tiempo, a diferencia de otros indicadores de la actividad innovadora como los gastos en I+D, las patentes ofrecen información acerca de la estructura y dirección del cambio tecnológico así como del impacto económico que dicho cambio puede generar.

Finalmente, los datos de patentes permiten estudiar detalladamente la estructura de las relaciones entre los agentes que intervienen en el proceso de innovación. Así, de estos datos se puede extraer información acerca de qué empresas colaboran para patentar conjuntamente un producto, qué inventores trabajan colectivamente para el desarrollo de invenciones, qué inventores han colaborado con diferentes empresas, qué

empresas comparten con otras un mismo grupo de inventores, etc. Es, precisamente, este tipo de análisis el que llevaremos a cabo en el presente estudio empírico, por lo que volveremos a él más adelante.

3.1.2. Inconvenientes

Sin embargo, aparte de sus ventajas, el uso de datos de patentes puede presentar ciertas dificultades. Si se quiere llevar a cabo una investigación con cierto rigor conviene analizar detalladamente estas contrapartidas.

1. Las patentes sólo recogen una parte del proceso de innovación

En primer lugar, se puede considerar que este tipo de datos sólo recogen una parte reducida del complejo proceso de la innovación. Aparte de la invención – registrada en las patentes–, existen otras importantes vías de innovación empleadas por las empresas como la importación de tecnología, la compra de maquinaria o las mejoras organizativas (Ortiz-Villajos, 1999). Por ello, el uso de las patentes como indicador de la actividad innovadora dejará de lado las otras vías de la innovación.

En esta línea, hay que recordar que ni todas las invenciones son técnicamente patentables, ni todas son finalmente patentadas por las empresas⁶⁵ –porque empleen otros métodos de protección distintos de la invención como el secreto industrial, por ejemplo–. Además, no todas las invenciones patentadas se terminan empleando en la actividad económica; algunas jamás se utilizan y permanecen como patentes dormidas (Archibugi, 1992).⁶⁶

Sin embargo, esta crítica no es exclusiva de los datos de patentes: el resto de datos relacionados con los procesos de innovación adolecen de la misma dificultad. Muestra de ello son los datos de gastos en proyectos de I+D, de los que únicamente una parte concluye en innovaciones aplicables a la actividad económica. En este sentido, se considera que las patentes reflejan la incertidumbre característica de la actividad científica y del proceso innovador (Archibugi, 1992).

⁶⁵ A este respecto, Archibugi (1992) recuerda que entre el 66 y el 87 por ciento de las invenciones patentables nunca son finalmente patentadas.

⁶⁶ Únicamente entre un 40 y un 60 por ciento de las patentes acaban utilizándose por las empresas, el resto permanecen como patentes dormidas (Archibugi, 1992).

Además, como recuerda Ortiz-Villajos (1999), la homogeneidad internacional de las leyes de propiedad industrial que facilita las comparaciones entre países, y las grandes posibilidades de aplicación de muchas de las patentes a la actividad industrial, hacen que sus datos puedan resultar un indicador adecuado de todo el proceso de innovación.

2. Dificultades de clasificación

La segunda dificultad de los datos de patentes surge cuando se trata de su clasificación en diferentes sectores económicos. Para situar a una patente en un sector de actividad económica, se pueden emplear tres criterios diferentes:⁶⁷

1. Las características técnicas de la invención patentada.
2. La actividad económica de la empresa que solicita la patente.
3. La actividad económica de la empresa que se beneficiará de la invención.

El primer criterio es el utilizado por las oficinas de patentes, que se basan en las características técnicas y funcionales del producto para clasificar y codificar cada invención que registran (véase el Recuadro 3.1 para más detalle). Este criterio no plantea por lo tanto ningún problema para el investigador ya que la información necesaria está directamente recogida en los documentos de patentes.

Sin embargo, como las características técnicas de la invención raramente coinciden con las tipologías de industrias o actividades económicas que habitualmente emplean los economistas, los datos necesarios para los otros dos criterios de clasificación no aparecen –directamente– reflejados en los documentos de patentes, lo que inicialmente plantea un problema metodológico.

No obstante, este problema se puede solventar hoy día empleando adecuadamente criterios de correspondencia entre ambos sistemas de clasificación. De esta forma, se puede identificar una patente con un producto o una actividad económica y analizar qué sectores económicos desarrollan las invenciones y qué sectores utilizan y se benefician de estas invenciones.

⁶⁷ Esta clasificación está basada en Archibugi (1993). A este respecto, Griliches (1990) recuerda que no existe un criterio más adecuado que otros: cada investigador debe afrontar la ambigüedad que conlleva la tarea de clasificación y determinar, en función de sus objetivos y de la información que desee obtener, qué criterio resulta más adecuado para su trabajo.

Recuadro 3.1: La clasificación internacional de patentes

La Clasificación internacional de patentes, establecida por el Arreglo de Estrasburgo de 1971, prevé un sistema jerárquico de símbolos independientes del idioma para clasificar las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual).

Según esta clasificación, el conjunto de conocimientos que pueden considerarse incluidos en el ámbito de las patentes de invención se divide en ocho secciones:

- A. NECESIDADES CORRIENTES DE LA VIDA
- B. TÉCNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS; TRANSPORTES
- C. QUÍMICA; METALURGIA
- D. TEXTILES; PAPEL
- E. CONSTRUCCIONES FIJAS
- F. MECANICA; ILUMINACIÓN; CALEFACCIÓN; ARMAMENTO; VOLADURA
- G. FÍSICA
- H. ELECTRICIDAD

Cada sección está dividida en clases, a su vez éstas lo están en subclases y, finalmente, las subclases se dividen en grupos y subgrupos.

De esta forma, y empleando un código de letras y números, se logra clasificar a todas las patentes registradas dentro de un ámbito tecnológico que, en función de las necesidades del investigador, puede ir desde la amplitud de las ocho secciones principales hasta el detalle de los cientos de miles de subgrupos tecnológicos.

EJEMPLO:

Una patente con el código H01F 1/053 se clasificaría de la siguiente forma:

Código desglosado	Ámbito tecnológico
Sección: H	Electricidad
Clase: H01	Elementos eléctricos básicos
Subclase: H01F	Imanes
Grupo principal: H01F 1/00	Imanes o cuerpos magnéticos caracterizados por los materiales magnéticos utilizados
Subgrupo de un punto: 1/01	... de materiales inorgánicos
Subgrupo de dos puntos: 1/03	... caracterizados por su coercitividad
Subgrupo de tres puntos: 1/032	... de materiales magnéticos duros
Subgrupo de cuatro puntos: 1/04	Metales o aleaciones
Subgrupo de cinco puntos: 1/047	Aleaciones caracterizadas por su composición
Subgrupo de seis puntos: 1/053	... que contienen metales de tierras raras

Por lo tanto, la clave H01F 1/053 se refiere a “imanes de materiales inorgánicos caracterizados por su coercitividad, de aleaciones magnéticas duras que contienen específicamente metales de tierras raras”.

Fuente: OMPI (2009).

3. Diferencias en la propensión a patentar entre países

El tercer inconveniente del uso de datos de patentes deriva de las variaciones existentes en la propensión a patentar entre diferentes países –la propensión a patentar es la relación entre las patentes registradas en un país y su población– y las dificultades que esto genera a la hora de realizar estudios internacionales empleando este tipo de datos.

Las variaciones en la propensión a patentar pueden surgir por diferencias legislativas o institucionales tales como la cuantía de las tasas legales, el nivel y duración de la protección, la patentabilidad de las invenciones o el nivel de exigencias técnicas requeridas por la oficina de patentes de cada país.

A este respecto, Ortiz-Villajos (1999) recuerda que las leyes de patentes han tenido menos diferencias que puntos en común entre ellas. Desde finales del siglo XIX ha habido un proceso internacional de armonización de las legislaciones sobre la propiedad intelectual, con lo que hoy día la similitud de las legislaciones es enorme. Además, las diferencias legislativas entre países afectan mucho más al número de patentes concedidas que al de patentes solicitadas, por lo que al emplear el indicador de patentes solicitadas estos problemas se reducirían enormemente.

4. Diferencias en la propensión a patentar entre empresas

Otros autores recuerdan las dificultades que generan las considerables diferencias en la propensión a patentar entre empresas –en este caso, la propensión a patentar se mide como la relación entre el número de patentes registradas y el esfuerzo en I+D realizado por cada empresa (Griliches, 1990)– en función de su tamaño y de la industria o sector de actividad en el que actúen, lo que dificultaría emplear datos de patentes para llevar a cabo estudios que engloben información de distintos tipos de empresas o sectores.

Respecto a las diferencias según el tamaño, se observa que las empresas más pequeñas suelen ser más eficientes en sus actividades de innovación al registrar más patentes por cada unidad invertida en I+D (Griliches, 1990). Sin embargo, el mismo autor no considera que el tamaño de las empresas explique realmente las diferencias en la innovación; las diferencias en la propensión a patentar se explican más bien por el hecho de que en las empresas pequeñas las actividades de I+D tienen un carácter más

informal y, por lo tanto, estas empresas no suelen contabilizar todas las inversiones de este tipo, lo que inevitablemente les lleva a tener un mayor ratio de patentes / inversión en I+D que el que muestran las empresas grandes.

Sí parecen más claras las diferencias en la propensión a patentar entre sectores de actividad. Su origen se debe tanto a factores de demanda como de oferta. Sin embargo, para hacer frente a este problema, se pueden emplear variables ficticias (*dummy variables*) referentes a los sectores o, simplemente, limitar el análisis a empresas pertenecientes a una industria en particular (Griliches, 1990; Andersen, 2001).

5. Heterogeneidad tecnológica y económica

Puede que una de las mayores dificultades que haya que afrontar al emplear datos de patentes sea el hecho de la enorme heterogeneidad entre ellas: muchas de ellas sólo reflejan pequeñas mejoras tecnológicas y tienen escaso o nulo valor económico, mientras que otras acaban mostrando un gran impacto en el avance tecnológico por lo que son realmente valiosas. Agregar datos de patentes de tan distinto valor podría considerarse algo así como sumar naranjas con manzanas (Archibugi, 1992).

Si bien distinguir el valor económico de una patente es, a priori, imposible, algunos autores consideran que se puede estimar su valor de distintas formas:

1. Analizando los datos de la renovación anual de los derechos de protección: se asume que las patentes cuyos propietarios sigan pagando las tasas de renovación tendrán un valor mayor que aquellas otras que no hayan sido renovadas (Griliches, 1990; Archibugi, 1992).
2. Empleando los datos de referencias a otras patentes: se asume que las patentes más citadas por otras son las que más valor tienen (Archibugi, 1992).
3. Estudiando datos referentes a los resultados empresariales: a través de análisis econométricos se puede observar la relación entre los beneficios o la cotización bursátil y la evolución del número de patentes y ver de esta forma el impacto económico que las patentes tienen en la empresa (Griliches, 1990).

Además, cuando se emplean datos agregados, este problema se resuelve atendiendo a la ley de los grandes números, ya que la distribución de patentes con mayor o menor valor económico tenderá a mostrar un valor medio (Griliches, 1990; Archibugi, 1992; Andersen, 2001).

6. Diferencias en las razones para patentar

Finalmente, hay que tener en cuenta que las motivaciones que impulsen a una empresa a registrar una patente pueden variar considerablemente: desde introducir una innovación para su posterior empleo industrial o su comercialización, hasta simplemente bloquear el avance de la competencia en un mercado.

Si bien esto hace que el valor de unas patentes y otras sea muy diferente en función de este criterio,⁶⁸ como algunos autores recuerdan (Archibugi, 1992; Andersen 2001), independientemente de las razones por las que las empresas patenten, éstas siempre son un indicativo de su capacidad tecnológica.

3.1.3. Conclusión

Como se ha visto, el uso de datos de patentes presenta tanto inconvenientes como ventajas (véase Cuadro 3.7). En el presente trabajo hemos considerado que los primeros se pueden superar sin gran dificultad y que son ampliamente compensados con las ventajas. Por ello suscribimos la opinión de Griliches (1990; p. 336) cuando afirma que:

Las estadísticas de patentes son un recurso único para el análisis del cambio tecnológico. Ningún otro se le acerca en términos de cantidad de datos disponibles, accesibilidad, y potencial de detalle industrial, organizacional y tecnológico. Además, existen otras formas de utilizarlos aparte de simplemente contabilizarlos.

Y es precisamente esto último lo que nos disponemos a realizar a continuación: los emplearemos no sólo para contabilizarlos, sino también para construir y analizar las redes de relaciones entre los agentes que intervienen en el proceso de innovación con el fin de estudiar el capital social en España.

⁶⁸ De hecho, Shepherd (1979) considera que cuando una patente se emplea para bloquear el avance tecnológico de la competencia, ésta tienen un valor social negativo.

Cuadro 3.7: Ventajas e inconvenientes de los datos de patentes

Ventajas	Inconvenientes
Son públicos y de fácil acceso	Solo recogen una parte del proceso de innovación
Muestran homogeneidad para una gran cantidad de países	Presentan dificultades de clasificación
Están disponibles para largos periodos de tiempo	Existen diferencias en la propensión a patentar entre países
Presentan gran detalle por lo que permiten ser clasificados empleando muy distintos criterios	Existen ciertas diferencias en la propensión a patentar entre empresas
Describen la estructura y dirección del cambio tecnológico	Muestran una gran heterogeneidad tecnológica y económica
Permiten sacar conclusiones acerca de su impacto económico	
Posibilitan el estudio de la estructura de relaciones entre los agentes que intervienen en el proceso de innovación	

Fuente: elaboración propia.

3.2. Uso de datos de patentes para el análisis de redes

A menudo, en el proceso de innovación colaboran distintos agentes: empresas privadas, centros de investigación, universidades, inventores, etc. Cuando dicho proceso genera una patente, en ella se recoge cierta información acerca de todos los agentes que han intervenido. Por lo tanto, empleando adecuadamente esta información, es posible elaborar redes sociales en las que se refleje la colaboración en los procesos de innovación. Ésta ha sido la metodología que hemos empleado para construir nuestras redes de innovación en España.

Los principales aspectos que se deben considerar son los siguientes:

3.2.1. Nodos o actores

Existen dos posibilidades:

- **Solicitantes:** son los titulares de las patentes, es decir, aquellos a cuyo nombre están registradas y que, por lo tanto, tienen el derecho a utilizarlas y explotarlas en exclusiva durante el periodo de tiempo estipulado.

Habitualmente son empresas, aunque también pueden ser centros de investigación, universidades o incluso individuos.

- Inventores: son las personas que han trabajado en el desarrollo de los productos patentados.

En este trabajo hemos optado por la primera opción, es decir, los nodos de nuestras redes son los solicitantes o titulares de las patentes. (Para una mejor comprensión de la forma en la que se extraen los nodos y vínculos de los datos de patentes, consúltese el Recuadro 3.2.)

3.2.2. Vínculos o relaciones entre actores

Los vínculos o lazos entre actores deben reflejar la existencia de una relación de cooperación en los procesos de innovación. Por ello, debemos distinguir entre los lazos que unen a los solicitantes y los que unen a los inventores.

En primer lugar, respecto a los vínculos entre solicitantes, nos encontramos con dos posibilidades:

- Colaboración directa: aparece cuando una patente ha sido registrada por más de un solicitante. En este caso, el vínculo entre todos los solicitantes es claro y directo ya que se considera que estos han debido de cooperar con el fin de desarrollar y patentar conjuntamente el producto.
- Colaboración indirecta: este vínculo se da cuando un inventor ha trabajado en diferentes patentes para más de un solicitante. En este caso, se considera que existe un lazo entre esos solicitantes para los que ha trabajado el inventor. El vínculo, aunque menos directo que el anterior, también es justificable al observarse que los solicitantes tenderán a mantener una relación de cooperación en la que el inventor común ejercerá como nexo de unión entre ellos.⁶⁹

Respecto a los vínculos en las redes de inventores, igualmente nos podemos encontrar con dos tipos:

⁶⁹ Aunque la colaboración directa refleja la forma más *pura* de cooperación en la innovación, esta modalidad no es completa, ya que deja de lado otras formas de cooperación innovativa también importantes (Ter Wal y Boschma, 2007).

- Colaboración directa: aparece cuando una patente ha sido inventada por más de un individuo. En este caso, el vínculo existe entre todos los inventores que han trabajado para desarrollar el producto.
- Colaboración indirecta: se da entre inventores que han trabajado para el mismo solicitante en patentes diferentes. En este caso, el vínculo se justifica porque, aunque hayan desarrollado productos diferentes, al trabajar para el mismo solicitante, los inventores tenderán a mantener una relación de cooperación en la innovación.

En nuestro estudio empírico hemos considerado por igual los lazos de colaboración directa como los de colaboración indirecta. De esta forma se trazará un vínculo entre dos nodos siempre y cuando haya al menos uno de estos dos tipos de colaboración.

Recuadro 3.2: Ejemplo de construcción de una red de colaboración para la innovación a partir de datos de patentes

Este ejemplo trata de ilustrar cómo se construye una red sencilla de colaboración en la innovación empleando datos de siete patentes.

Para cada patente se muestran los solicitantes y los inventores en el siguiente cuadro:

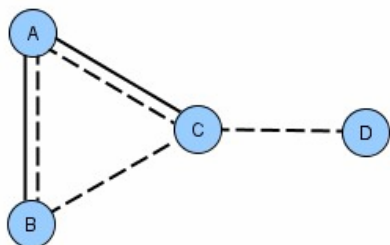
Patente	Solicitantes	Inventores
1	A	x
2	B	x
3	C	x
4	C	y
5	D	y
6	A y B	z
7	A y C	w

- I. En primer lugar se identifican los **nodos** de la red: se trata de los cuatro solicitantes *A*, *B*, *C* y *D*.
- II. Después, se observan los **vínculos de colaboración directa** analizando las patentes registradas por más de un solicitante:
 1. Como la patente 6 ha sido registrada por los solicitantes *A* y *B*, existe un vínculo de colaboración directa que une a los nodos *A* y *B*.
 2. La patente 7 ha sido registrada por los solicitantes *A* y *C*, por lo que unimos a estos dos nodos con un vínculo directo.

III. A continuación, identificamos los **vínculos de colaboración indirecta** entre solicitantes analizando qué inventores han colaborado con más de un solicitante en patentes diferentes:

- El inventor *x* ha trabajado en las patentes 1, 2 y 3 para los solicitantes *A*, *B* y *C* respectivamente. Por ello, existe un vínculo indirecto entre estos tres solicitantes.
- El inventor *y* ha trabajado en las patentes 4 y 5 para los solicitantes *C* y *D* respectivamente. Por lo tanto se da un vínculo indirecto entre ambos solicitantes.

IV. Finalmente, representamos la red de colaboración. Distinguiremos entre los vínculos de colaboración directa, dibujándolos en línea continua, de los vínculos de colaboración indirecta, en discontinua:



Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Localización geográfica

Con el fin de situar geográficamente las redes de innovación, se puede emplear la dirección del solicitante o la del inventor. Sin embargo, el uso de la dirección del solicitante muestra un inconveniente metodológico: cuando el solicitante es una empresa con sede en distintos lugares, el registro de las patentes que solicite lo realizará habitualmente con los datos de la sede social, independientemente de que el proceso de innovación haya tenido lugar en otra de sus sedes. Por ello, al emplear datos de localización del solicitante las redes tenderán a estar demasiado centralizadas en los núcleos donde se sitúen las empresas matrices.

Para afrontar esta dificultad, aunque los nodos de la red sean los solicitantes, basta con utilizar también la dirección del inventor para estudiar su localización geográfica. De esta forma, se podrá observar mejor dónde se lleva a cabo la innovación y, más concretamente, dónde se está produciendo la colaboración entre solicitantes.

Éste ha sido el criterio que hemos seguido a la hora de localizar geográficamente las redes de nuestro estudio empírico.⁷⁰ Como veremos más adelante, hemos distinguido entre la red nacional española y las redes de las principales provincias con actividad innovadora, es decir, las que presentan un mayor número de patentes registradas. Las redes regionales identificadas y analizadas han sido las de Barcelona, Madrid y Valencia.

3.2.4. Fecha y evolución temporal

Si se quiere llevar a cabo un análisis dinámico de las redes de innovación, se pueden utilizar las fechas de solicitud de patentes como referencia del momento en el que se produce la cooperación entre agentes. Así, tanto los nodos como los vínculos de una red pueden ir evolucionando con el tiempo, apareciendo y desapareciendo a medida que se vayan registrando nuevas patentes.

A menudo conviene tener en cuenta periodos de tiempo que incluyan varios años ya que, aunque la patente se registre en un momento determinado, la relación de cooperación entre agentes de innovación suele ser más duradera, abarcando tanto un tiempo antes, como un tiempo después de la solicitud de la patente.

Para nuestra investigación hemos dividido el espectro temporal de nuestros datos en los seis periodos siguientes:

- 1978 – 1982
- 1983 – 1987
- 1988 – 1992
- 1993 – 1997
- 1998 – 2002
- 2003 – 2008

Al elegir periodos de cinco años podemos contar con datos suficientes en cada uno de ellos como para construir redes de colaboración entre innovadores (con periodos más cortos no se disponía de información suficiente para observar colaboraciones con

⁷⁰ De hecho, ésta fue la principal razón por la que se emplearon datos de patentes europeas, ya que, como hemos apuntado previamente, sólo éstos ofrecen información acerca del domicilio del inventor.

las que elaborar redes). Del mismo modo, al disponer de seis periodos, se puede observar adecuadamente la evolución de estas redes en diferentes momentos. Estas han sido las dos razones por las que hemos dividido los datos en seis periodos de cinco años.

El análisis dinámico lo hemos aplicado a la red nacional española. Sin embargo, en el caso de las redes regionales, únicamente hemos considerado la evolución de las redes de Barcelona, Madrid y Valencia, ya que en el resto de provincias no existían datos suficientes para considerar por separado los seis periodos.

4. Analysis of the Innovation Networks in Spain

After presenting an overview of the Spanish Innovation System and describing our database, we develop, in this chapter, our empirical study about social capital in Spain. Its main target is to study the role of social capital in Spanish development by analysing the innovation networks.

While other previous studies have measured and analysed social capital in Spain (Pérez, 2005), up to date no one else has studied its structural component in the way we do here. By picturing and analysing the innovation networks, we are able to obtain conclusions about their structural properties, geographical differences, evolution over the last 30 years and the role they have played in the innovation outputs of firms. These are the main contribution of the present PhD thesis.

The chapter is structured as follows: we begin by presenting and describing the patent results data and the implicit collaboration we found in the patent production processes (Section 4.1); after that, we continue elaborating the collaboration networks and analysing their structure, territorial differences and evolution over time (Section 4.2); finally we model the relation between some of the network properties and the innovation outputs in Spain, we interpret the results and present our conclusions (Section 4.3).

4.1. Patents and Collaboration

Before elaborating the innovation networks, in this section we offer a global descriptive view of our patent data extracting some initial remarks about the collaboration patterns of Spanish innovators. We will observe their evolution and differences between the national Spanish Innovation System and some of its most important territories (especially Barcelona, Madrid and Valencia).

We focus on these three provinces not only because they are the three regions in Spain with more significant innovation results in terms of patent production, but also because the innovation networks in other regions are virtually inexistent.

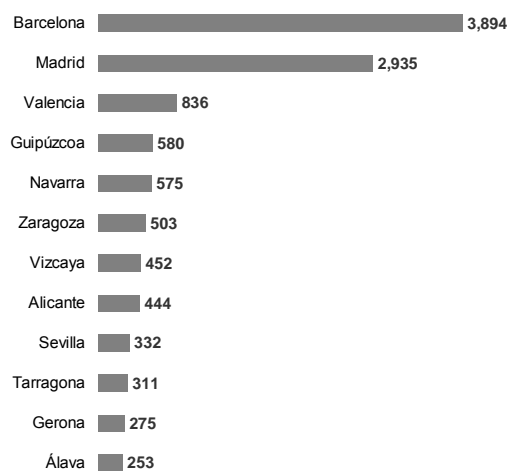
4.1.1 Patents and Innovators

We begin by analysing the number of patents and the number of innovators (applicants) who contributed to each patent. By doing so, we can trace a first map of the innovation results and obtain a preliminary idea of the collaboration patterns in Spain. We present, firstly, a statistical analysis studying all patent data from 1978 to 2008.

As shown in Figure 3.35, the number of patents registered in Spain is highly concentrated in two provinces: Barcelona and Madrid, which produced, respectively, 31.3 and 23.6 per cent of the total Spanish patents. The rest of the provinces included in our analysis fall far short of Madrid and Barcelona (all ten of them only account for 37 per cent of total Spanish patents).

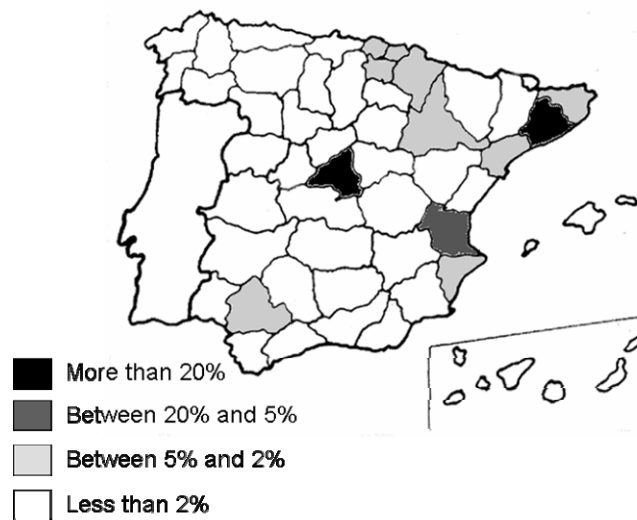
Figure 3.35: Patent Production in Spanish Provinces

(Number of patents per province)



Those regions are located on the Mediterranean Coast (Valencia, Alicante, Tarragona and Gerona), the north of the country (Guipúzcoa, Navarra, Zaragoza, Vizcaya and Álava) and only one in the south (Sevilla) leaving the rest of the country virtually absent from patenting activity in Spain (see Figure 3.36).

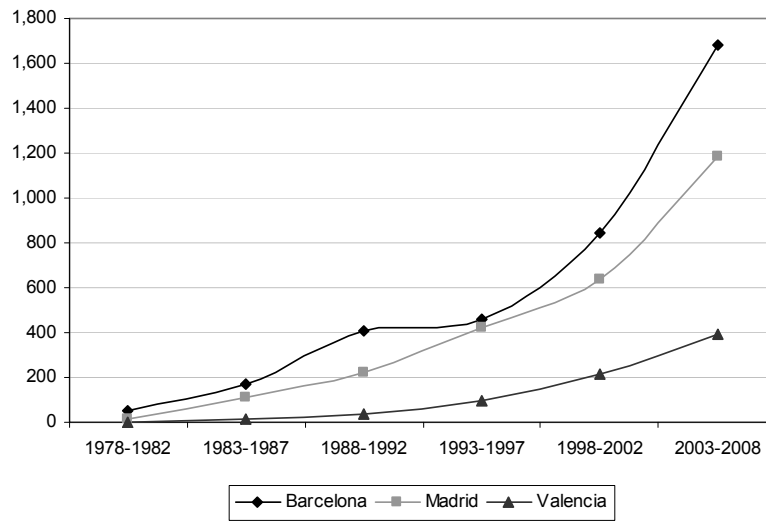
Figure 3.36: Territorial Distribution of Patent Production
(% share of total Patents registered in Spain)



This territorial distribution fits into the classic productive specialisation of the Spanish economic structure as all the indicated locations are the most important centres of industrial and service activities in the Spanish economy, while most of the rest of the country is more focused on agriculture production activities, where the innovation outputs are traditionally very scarce.

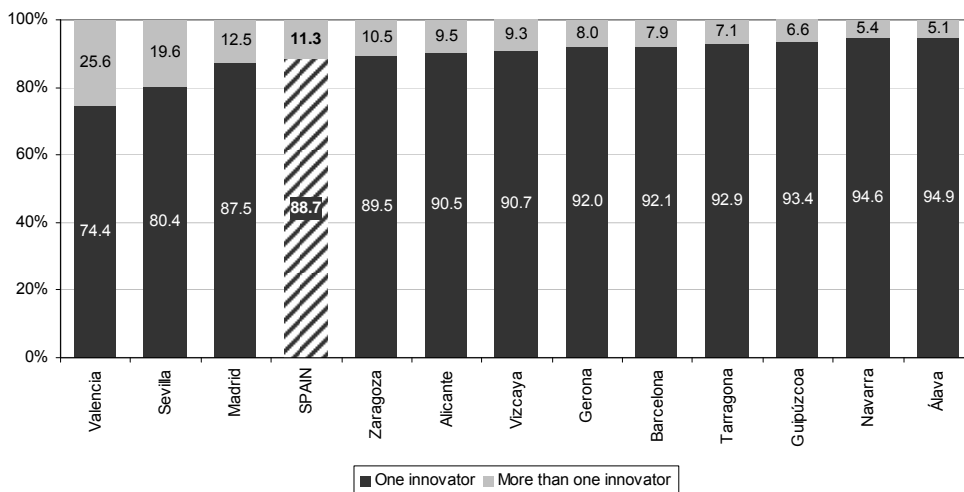
Analysing the evolution of patent production in the three most important provinces (Figure 3.37) we were able to observe, firstly, that Barcelona and Madrid followed a similar progression until 1997, reaching in that year 458 and 419 patents respectively. From that year on, Barcelona began to take the lead from Madrid and ended in 2008 with 1,681 patents while Madrid presented only 1,186 patents. On the other hand, Valencia appears to always be below the other provinces, even though it has also experienced a significant increase, reaching a total of 394 patents in 2008.

Figure 3.37: Evolution of Patent Production in Barcelona, Madrid and Valencia
(Number of patents per province)



After counting the patents, it is interesting to observe the number of innovators who collaborate to produce them. We differentiate between two types of patents: (1) the patents registered by only one innovator and (2) the patents registered by more than one innovator (called co-patents). When calculating the percentage of patents registered by only one innovator versus the share of co-patents in each province, we can obtain a preliminary view of the level of innovators who tend to cooperate among themselves to develop innovation activities.

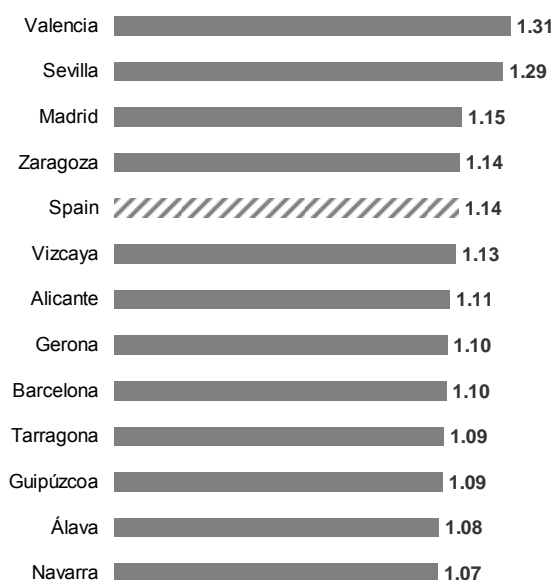
Figure 3.38: Number of Innovators per Patent
(% of patents in each location by number of applicants)



Considering these data in Figure 3.38, we discover that most Spanish patents (88.7 per cent) are registered by only one innovator, leaving only 11.3 per cent of co-patents. These results reveal that most of the innovation activities in Spain were developed separately by different innovators without collaboration among them.

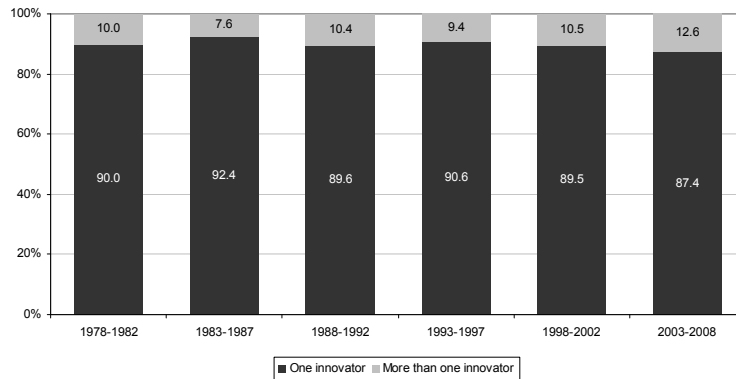
After calculating the average number of innovators who cooperate on each patent, we observe that the average number of innovators per patent in Spain is 1.14 (Figure 3.39). When breaking down these data into the territories considered above, we can see that only Valencia, Sevilla and Madrid show a higher proportion of co-patents (with 1.31, 1.29 and 1.15 innovators per patent respectively), while the rest of the provinces fall below the average.

Figure 3.39: Number of Innovators per Patent
(Average number of innovators per patent in each province)



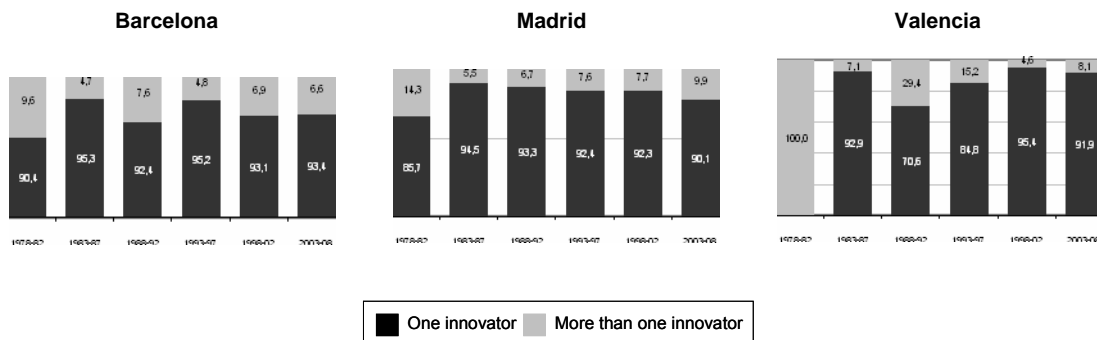
When we analyse the evolution of these data, we discover that from 1993 on, the tendency is to increase the share of co-patents over the total patents in Spain, suggesting that Spanish innovation activity tends to have more direct links among its participants.

Figure 3.40: Number of Innovators per Patent in Spain
(% of patents by number of applicants)



When comparing the evolution of the most important provinces (see Figure 3.41), we observe that while Madrid, as with the Spanish average, has increased significantly the proportion of co-patents since 1983; Barcelona and especially Valencia reveal a very irregular trajectory.

Figure 3.41: Number of Innovators per Patent in Barcelona, Madrid and Valencia
(% of patents by number of applicants)



Regarding the evolution of the average number of innovators per patent (Table 3.7), we discover that Barcelona, Madrid and Valencia have followed an irregular trajectory which seems to stabilise in the later period at around 1.1 innovators per patent. However, in Spain, this number has increased since 1983, which supports the idea that the Spanish innovation system is following more cooperative strategies over time.

Table 3.7: Evolution of Number of Innovators per Patent

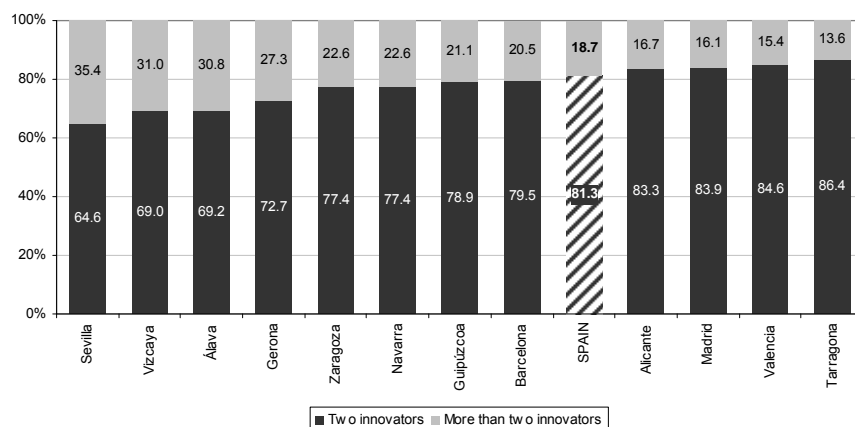
(Average number of innovators per patent)

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Madrid	1,21	1,06	1,08	1,08	1,11	1,11
Barcelona	1,10	1,05	1,09	1,06	1,09	1,08
Valencia	4,00	1,07	1,35	1,21	1,06	1,09
Spain	1,15	1,09	1,13	1,12	1,15	1,16

In order to analyse the teams of innovators who collaborate, we will now focus only on the co-patents and differentiate between two types: (1) co-patents registered by two innovators and (2) co-patents registered by more than two innovators (see Figure 3.42). The Spanish average shows that 81.3 per cent of co-patents were registered by teams of only two innovators, while 18.7 per cent have more than two innovators involved. Both Madrid and Valencia, which presented a higher proportion of co-patents before, now show a lower average of patents with more than two innovators than the Spanish one (16.3 per cent and 15.3 per cent respectively). On the other hand, Barcelona now reveals a higher proportion of teams made up of more than two innovators.

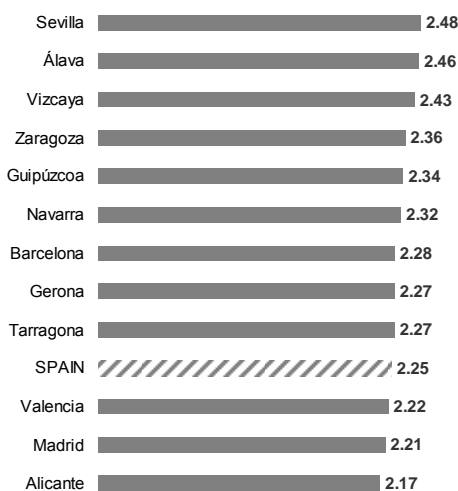
Figure 3.42: Number of Innovators per Co-patent

(% of co-patents in each location by number of applicants)



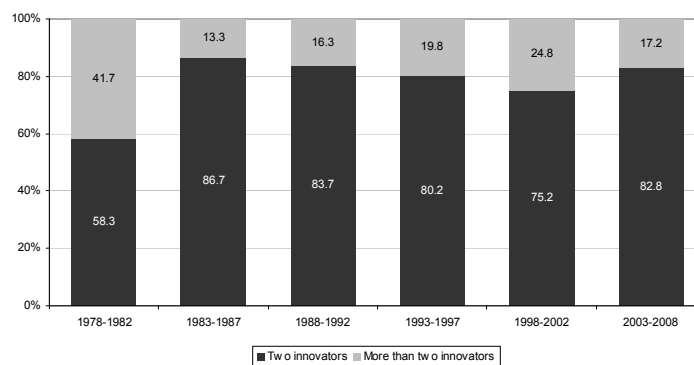
Calculating the average number of innovators per co-patent (Figure 3.43) and comparing it with the number of innovators per patent, we discover that, among the provinces with a higher number of innovators per patent (Valencia, Sevilla and Madrid), only Sevilla is above the Spanish average of innovators per co-patent. On the other hand, the Northern provinces (Álava, Navarra, Guipúzcoa, Vizcaya and Zaragoza) are significantly above the Spanish average of innovators per co-patent.

Figure 3.43: Number of Innovators per Co-patent
(Average number of innovators per co-patent in each province)



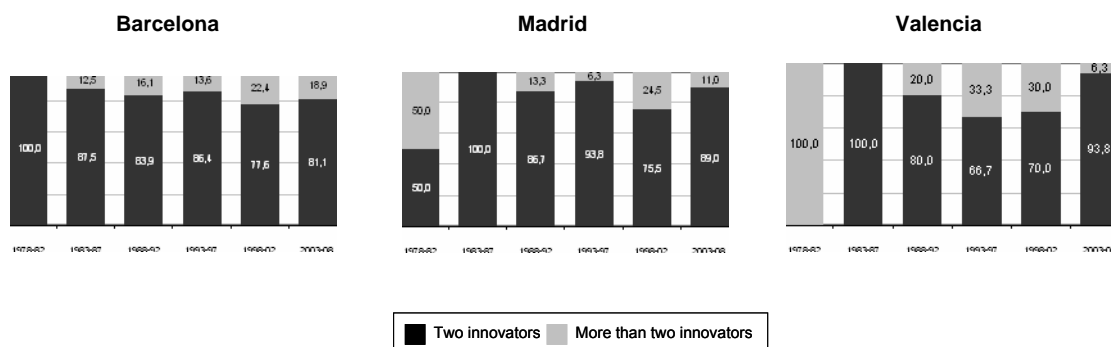
Studying the evolution of these results we observe that the percentage of teams made up of more than two innovators tends to increase over time since 1983, even though in the later period this value has slightly decreased (see Figure 3.44). This fact reveals a clear trend in the innovation behaviours towards higher levels of collaboration among innovators.

Figure 3.44: Number of Innovators per Co-patent in Spain
(% of co-patents by number of applicants)



When we compare the evolution of Barcelona, Madrid and Valencia (Figure 3.45), we will see that, while Madrid and Valencia followed a more irregular tendency, Barcelona, as with the Spanish average, has clearly increased the share of teams made up of more than two innovators.

Figure 3.45: Number of Innovators per Co-patent in Barcelona, Madrid and Valencia
(% of patents by number of applicants)



Finally, when analysing the evolution of the average number of innovators per co-patent in Spain, Barcelona, Madrid and Valencia (see Table 3.8) we observe that, while Madrid, Valencia and Spain followed an irregular trend, Barcelona has constantly increased the average number of innovators in its teams (except for the last period), rising above the average for Madrid as well as Spain.

Table 3.8: Evolution of Number of Innovators per Co-patent
(Average number of innovators per co-patent)

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Madrid	2,50	2,00	2,13	2,06	2,39	2,13
Barcelona	2,00	2,13	2,19	2,18	2,31	2,25
Valencia	4,00	2,00	2,20	2,40	2,30	2,06
Spain	2,50	2,13	2,21	2,24	2,39	2,24

All the data presented up to this point show that the innovation activities in Spain are highly concentrated in a few provinces and that the levels of collaboration are still low, but seem to increase during the later years, especially in Barcelona and Madrid, which reveals a tendency towards a higher use of social capital in innovation processes in more recent years. In the next section we will focus on the distribution, evolution and types of collaboration activities among Spanish innovators.

4.1.1. Collaboration Patterns

As we stated before, we can also use our data to analyse the relationships between the innovators and inventors who work together on each patent. If we do so, we are able to obtain a preliminary vision of the collaboration patterns taking place in the

Spanish innovation system. Obviously, these patterns will determine the size and structure of the networks which we will analyse in the last section of our work.

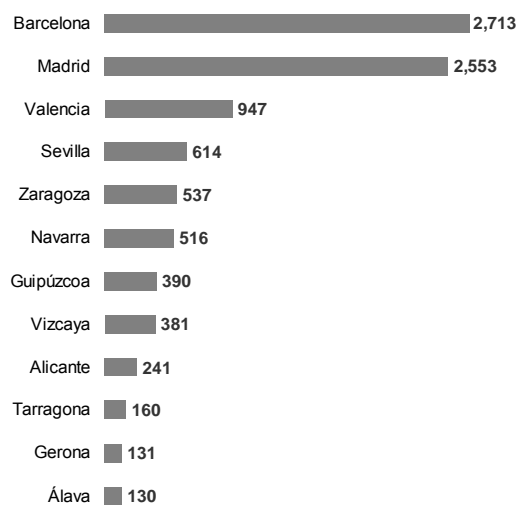
Here we will distinguish between two types of collaboration activities:

- a. Direct collaboration: we identify a direct collaboration as when two or more innovators have registered a co-patent together.
- b. Indirect collaboration: an indirect collaboration activity appears when two or more innovators have worked with the same inventor but with different patents.

By adding these two types, we obtain the total amount of collaboration activities that occur in the innovation system. In Spain as a whole (Figure 3.46), we observe that the collaboration activities are less concentrated than the number of patents: Madrid and Barcelona account for only 43.1 per cent of total collaboration activities, while they hold a 55 per cent share of total patents. These data demonstrate that collaboration for innovation is more equally distributed than innovation results.

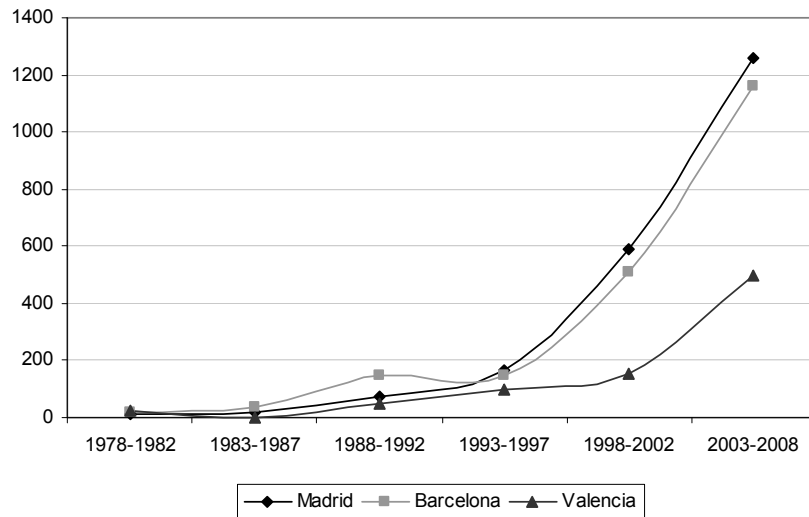
We also discover, analysing Figure 3.46, that Valencia plays a more significant role in terms of collaboration than in terms of patent production, with nearly 8 per cent of the total Spanish collaborations. These results suggest that the networks in Madrid, Barcelona and Valencia would be considerably larger and denser –with more nodes and links– than the ones in the other territories of Spain.

Figure 3.46: Collaboration for Innovation in Spanish Provinces
(Number of direct and indirect collaboration activities)



The evolution of these data for Barcelona, Madrid and Valencia (Figure 3.47) shows, firstly, that even though Valencia is always below the other provinces, it is not that far in terms of patent production. Secondly, since 1993 both Barcelona and Madrid followed very similar trajectories, experiencing a significant increase in their collaboration activities.

Figure 3.47: Evolution of the Collaboration for Innovation
(Number of direct and indirect collaboration activities)



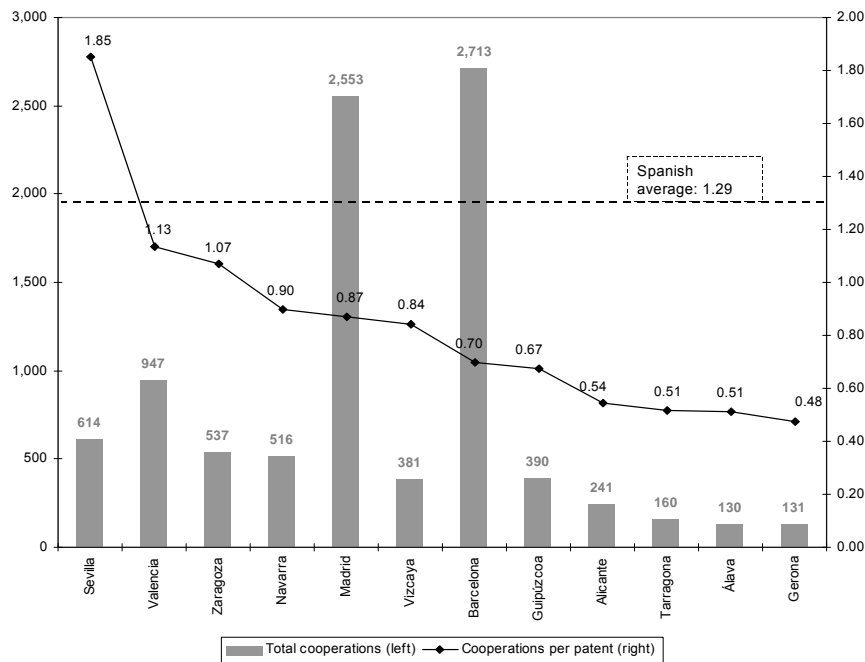
When we divide the number of collaboration activities by the number of registered patents we obtain the collaboration per patent ratio. This ratio allows us to observe the average number of collaboration activities which take place each time a patent is registered. Figure 3.48 shows the data per province and illustrates that only Sevilla is above the Spanish average (1.29 collaborations per patent).

Spanish national results of this ratio are significantly higher than the local ones. This is because, in a separate analysis of each province, only collaboration among local innovators can be taken into account; on the other hand, when considering all the Spanish data together from a national perspective, apart from local collaboration, other collaboration taking place among companies located in different provinces can also be considered and, therefore, the Spanish average tends to be higher than the local results.

This ratio can also reflect the productivity of collaboration activities: provinces with lower ratios may have more productive collaborations, as they need fewer of them to produce one patent. Comparing provinces, we observe that the results in Madrid and Barcelona, with an average of 0.87 and 0.70 collaborations per patent respectively,

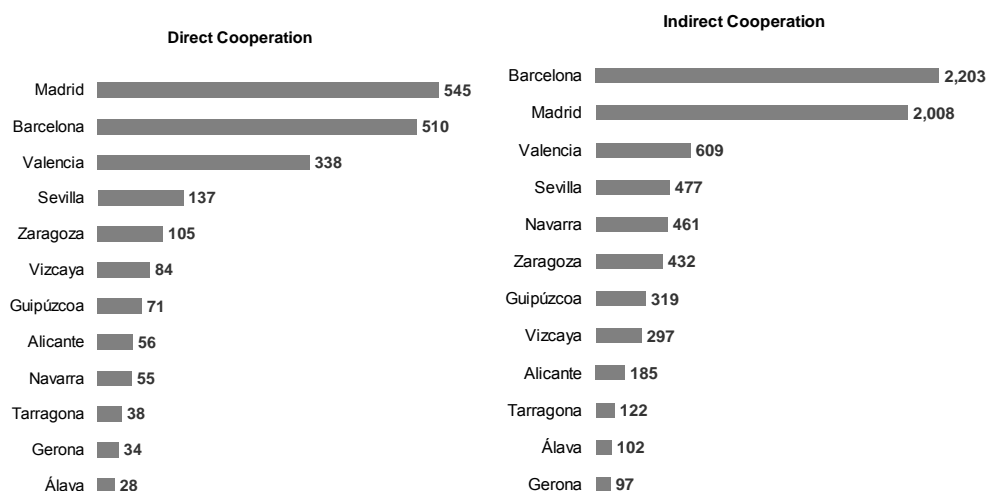
show that they tend to cooperate less; moreover, their collaboration activities are more productive than Valencia because this province needs more than one link per patent.

Figure 3.48: Collaboration/Patent for Innovation in Spanish Provinces
(Number of direct and indirect collaboration activities per patent)



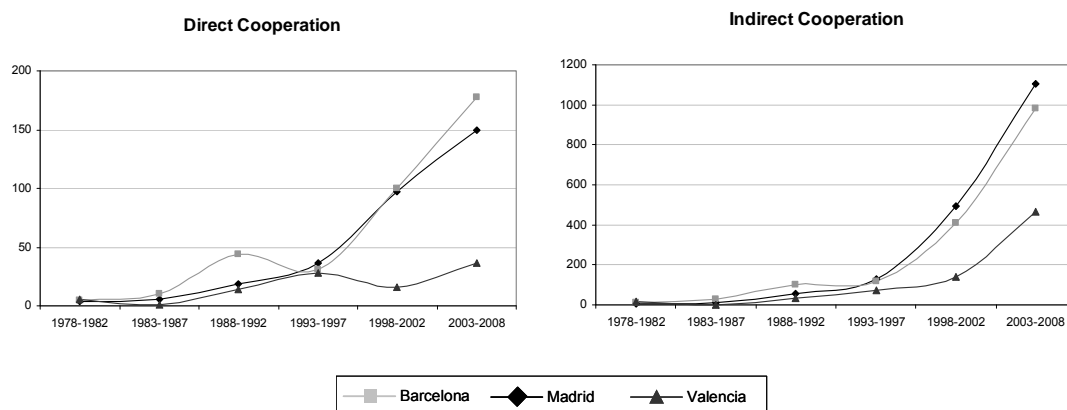
When breaking down the data into direct and indirect collaboration (see Figure 3.49) we observe that, while Madrid shows more direct links, Barcelona is higher in terms of indirect ones. Moreover, it is evident that the differences among provinces are less pronounced when we consider the direct collaboration links than when we observe the indirect links. Finally, we can also conclude that the position of Valencia is significantly higher in terms of direct collaboration than in indirect collaboration.

Figure 3.49: Direct and Indirect Collaboration for Innovation in Spanish Provinces
(Number of collaboration activities)



Analysing the evolution of these data (Figure 3.50) we observe, in both types of collaboration, a very similar tendency in Madrid and Barcelona, with a strong increase beginning in 1993. It is also significant that Valencia experienced, during the later period, a significant increase in terms of indirect collaboration, which allows this province to approach both Madrid and Barcelona.

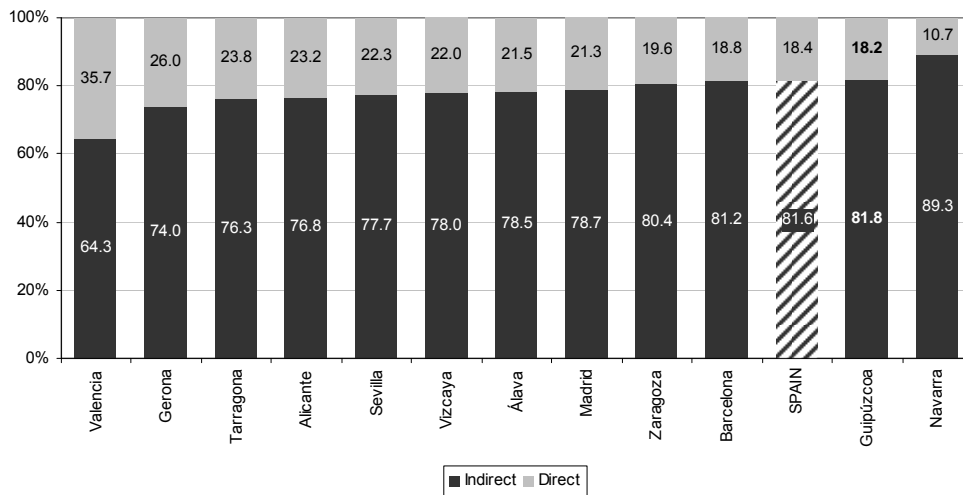
Figure 3.50: Evolution of Direct and Indirect Collaboration
(Number of collaboration activities)



Finally, it is interesting to observe the proportion of direct and indirect collaboration links taking place in each province as an indicator of the type of innovation relationships and the geographical differences we find in Spain. As shown in Figure 3.51, 18.4 per cent of all the collaboration activities in Spain are direct, the rest of them being indirect. Below this average of direct collaboration we can only find Guipúzcoa and Navarra (with 18.2 per cent and 10.7 per cent respectively).

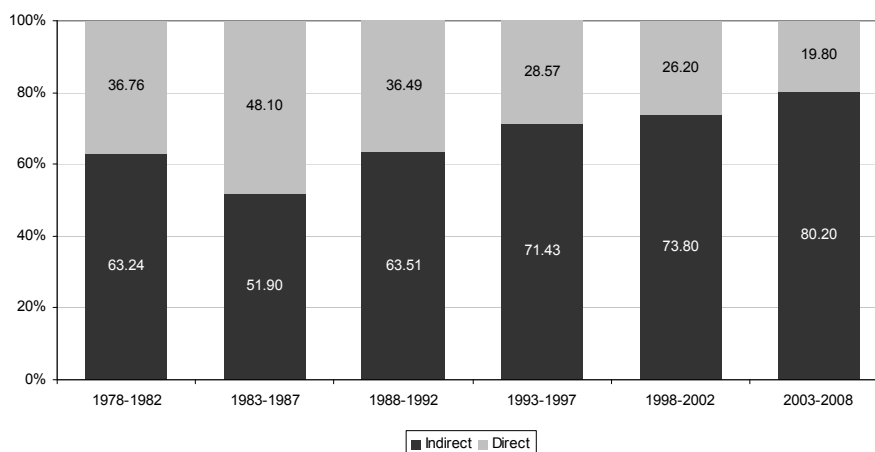
In regard to Madrid and Barcelona, we can observe that Madrid's collaboration activities tend to be significantly more direct (21.3 per cent of total links) than those of Barcelona (18.8). Finally, it is important to note that Valencia shows a very high proportion of direct links compared to the rest of Spain. The provinces with a higher proportion of direct links (such as Madrid or Valencia) may present more formal structures of relationships for innovation, while provinces with higher percentages of indirect links (such as Barcelona) can be considered as examples of regions where innovation activities may take place using a wider variety of relationships among innovators.

Figure 3.51: Proportion of Direct and Indirect Collaboration for Innovation
 (% share of total collaboration activities in each territory)



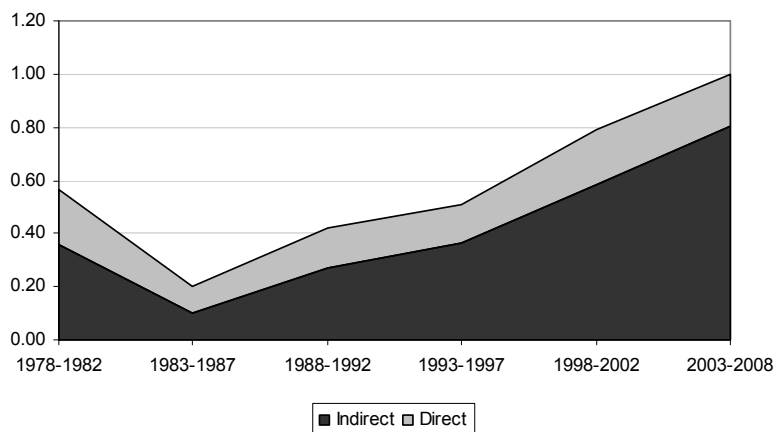
The evolution of these data in Spain (Figure 3.52) reflects a clear reduction of the share of direct links in favour of the indirect ones. This can be explained by the fact that, as time goes on, inventors tend to cooperate with a greater number of companies, creating new indirect links among innovators and increasing, therefore, the percentage of this type of collaboration.

Figure 3.52: Evolution of Direct and Indirect Collaboration in Spain
(% share of total collaboration activities)



This tendency is especially interesting when we analyse how both types of collaboration contributed to the collaboration per patent ratio (Figure 3.53). As we observe, the constant growth experienced by indirect collaboration activities since 1983 has helped to significantly increase the collaboration per patent ratio in Spain, making the innovation system increasingly based on collaboration among innovators.

Figure 3.53: Evolution of Collaboration/Patent in Spain
(Number of direct and indirect collaboration activities per patent)

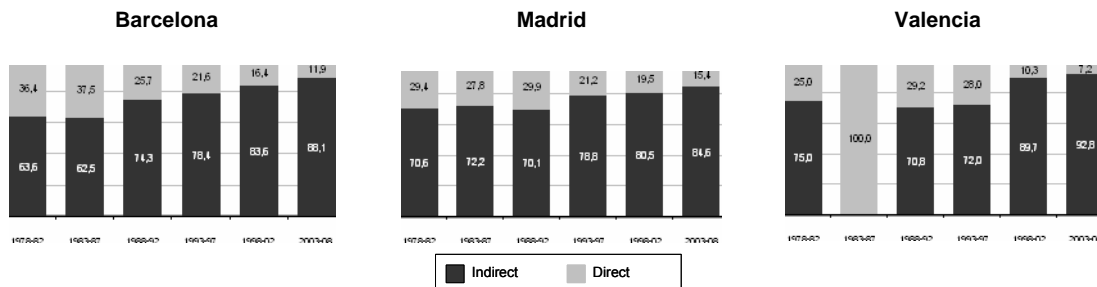


Finally, when analysing the data for Barcelona, Madrid and Valencia separately, we discover a similar evolution (Figure 3.54) as they all reduce the percentage of direct collaboration activities and increase the share of indirect ones. It is important to remark

that Valencia, after an irregular trajectory during the first two periods,⁷¹ followed this trend much more quickly than the other provinces.

Figure 3.54: Evolution of Direct and Indirect Collaboration

(% share of total collaboration activities)



After the analysis presented in this section, we can conclude that both patent production and collaboration activities are highly concentrated in a few provinces although collaboration is more homogeneously distributed around the country. This fact may suggest that, even if both social capital and innovation results are highly concentrated in a few provinces, the first one is better distributed than the second one because innovation outputs depend not only on social capital but also on other forms of capital such as financial, technical, or human.

Furthermore, the significant increase in collaboration, especially in terms of the indirect type, reveals a tendency towards a higher use of social capital in the innovation processes and that these processes may take place using a wider variety of relations among innovators.

As we stated before, in the next section we will analyse the network properties of the Spanish innovation system.

4.2. Innovation Networks in Spain

Using the patent data as we explained before (Section 3.2) we have constructed the collaboration networks of the Spanish Innovation System. The aim of this section is to present them and analyse their characteristics and their evolution over time in order to offer a first glance at the structure and dynamics of social capital in Spain.

⁷¹ This is caused by the reduced number of patent data in Valencia during the first two periods.

To do so, we have studied the national Spanish network (see Figure 3.55), which includes nodes and links among innovators from the entire Spanish territory. Afterwards, we have broken that network down into the three largest regional networks: Barcelona, Madrid and Valencia (see Figures 3.60, 3.61 and 3.62).

In this analysis, we will follow the same order explained in Part II, in order to detail the structural properties of the Spanish networks (1) beginning with the basic properties, (2) following with the distance and centralisation characteristics and, finally, (3) analysing the clustering and *small world* properties. At the end of the section we include an analysis of the most relevant nodes in the networks.

Figure 3.55: Spanish Innovation Network (Giant Component)



Note: this graph presents the largest group –giant component– of connected innovators in the Spanish Network. Its nodes are innovators and the links represent both direct and indirect relations that took place in any moment between 1978 and 2008. When we split up the Spanish Network into the six periods mentioned above to analyse the evolution, we observe that this component is obviously smaller, but tends to grow significantly with time.

4.2.1. Basic properties

Table 3.9 shows the basic properties of the Spanish innovation system networks.

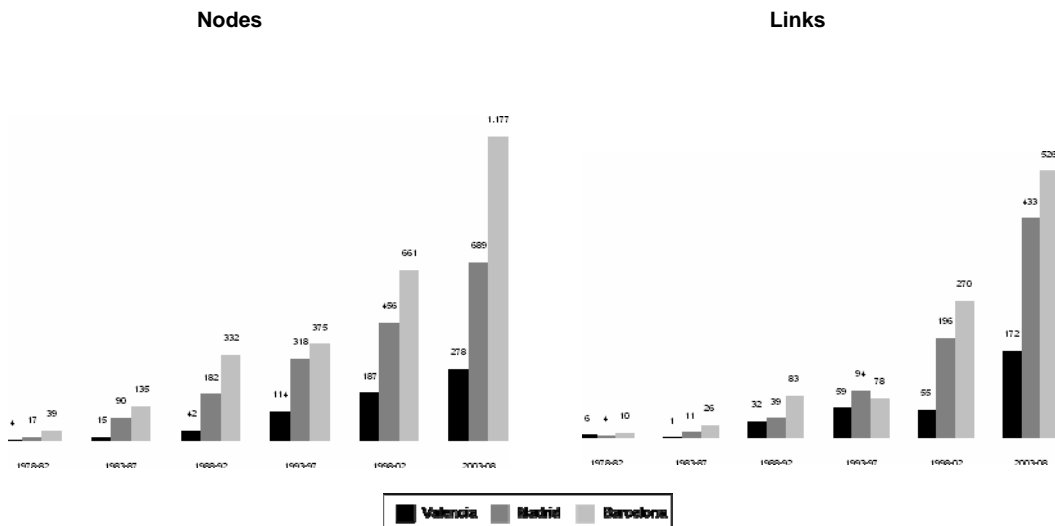
Table 3.9: Basic Network Properties in Spain

		Spain	Barcelona	Madrid	Valencia
Network size	Nodes	8,215	2,459	1,614	604
	Links	5,475	1,558	1,114	458
Density (%)		0.02	0.05	0.09	0.25
Degree	Av.	1.33	1.27	1.38	1.51
	St. Dev.	4.44	2.33	5.25	3.24
Giant component	Size	852	208	278	67
	% of total	10.37	8.46	17.22	11.09
Second largest	Size	17	16	10	11
	% of total	0.21	0.65	0.62	1.82
Isolates	Number	4,139	1,203	811	300
	% of total	50.38	48.92	50.25	49.67
Diameter		11	12	9	5

As we can see, Barcelona is the largest regional network both in terms of nodes and links –but especially in nodes–, meaning that the most active and cooperative innovators seem to be located there. Also, we discover that all the networks grew very quickly (see Figure 3.56), with an average yearly growth of around 100 per cent. They all followed a similar evolution both in terms of nodes and links.

Figure 3.56: Network Size Evolution

(Number of nodes and links)



Nevertheless, if we focus only on the evolution of the number of nodes (see Table 3.10), we discover that, while Madrid and Barcelona were in a similar situation in 1997, from that year on, Barcelona experienced a significantly more rapid progress,

multiplying its number of nodes by more than three, as compared to Madrid, which only doubled its size during the same period.

Table 3.10: Network Size Evolution (nodes)
(Number nodes and % over the total Spanish network)

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	39	135	332	375	661	1,177
<i>% of Spanish network</i>	35.45	41.16	40.89	26.82	29.33	29.36
Madrid	17	90	182	318	456	689
<i>% of Spanish network</i>	15.45	27.44	22.41	22.75	20.23	17.19
Valencia	4	15	42	114	187	278
<i>% of Spanish network</i>	3.64	4.57	5.17	8.15	8.30	6.93
Spain	110	328	812	1,398	2,254	4,009

Regarding the evolution of the number of links (see Table 3.11), as we pointed out above, it is similar to the one experienced by the nodes. All the networks tend to double their number each year, but in this case, the differences between Madrid and Barcelona are less pronounced, suggesting that, even though Barcelona is in a better position than Madrid, this last city is closer in terms of collaboration among the innovators than in terms of innovation results.

Table 3.11: Network Size Evolution (links)
(Number links and % over the total Spanish network)

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	10	26	83	78	270	526
<i>% of Spanish network</i>	35.71	52.00	37.39	17.65	30.24	25.46
Madrid	4	11	39	94	196	433
<i>% of Spanish network</i>	14.29	22.00	17.57	21.27	21.95	20.96
Valencia	6	1	32	59	55	172
<i>% of Spanish network</i>	21.43	2.00	14.41	13.35	6.16	8.33
Spain	28	50	222	442	893	2,066

When we calculate the density of the networks, we observe that the Spanish national network is much less dense than the regional ones. Especially denser is Valencia's network, while Barcelona shows lower levels of density, which is evidence of more expanded and distributed social capital.

The evolution of these data (see Table 3.12) reveals that, as the networks grow over time, they all tend to be less dense, which is a consequence of the fact that the

number of nodes grew faster than the number of links in all of the networks. Finally, it is important to remark that, apart from the period of 1983-1987, Barcelona always showed the lowest levels of density among the networks studied.

Table 3.12: Density Evolution

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	1.35	0.29	0.15	0.11	0.12	0.08
Madrid	2.94	0.27	0.24	0.19	0.19	0.18
Valencia	100.00	0.95	3.72	0.92	0.32	0.45
Spain	0.47	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03

As we explained in Part II, density is the share of actual links over the total possible links among a given number of nodes in a network. Therefore, low levels of density can be evidence of an expanded and less concentrated network, which is the case of Barcelona.

In regard to the average degree of the nodes, all the networks present similar results. However, the higher standard deviations of Madrid and Spain reveal that those networks present more levels of heterogeneity (see Table 3.13). On the other hand, Barcelona, with a lower standard deviation, is significantly more homogeneous in those terms than the rest of the networks. Moreover, in Table 3.13 we also observe that the average degree in Spain has increased over time as the size of the network grew, reflecting the fact that innovators have not only increased their collaboration activities, but also they have expanded their range of partners.

Table 3.13: Degree Evolution

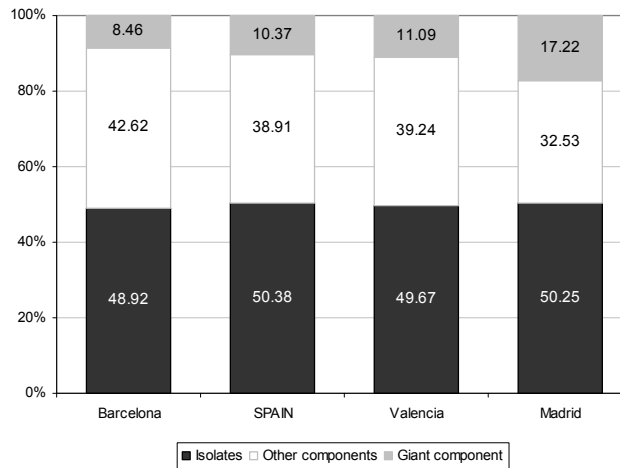
	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	0.51	0.39	0.50	0.42	0.82	0.89
Madrid	0.47	0.24	0.43	0.59	0.86	1.26
Valencia	3.00	0.13	1.52	1.04	0.59	1.24
Spain	0.51	0.30	0.55	0.63	0.79	1.03

To finish with the explanation of the basic properties of our networks, we will examine the percentage of total nodes that are isolates versus the share that belongs to the giant component and the proportion of them which are connected within other smaller components. This analysis will give us a deeper idea of the type of connectivity that characterizes each network.

The first conclusion we can draw from this examination (see Figure 3.57) is that all the networks have around 50 per cent of isolate nodes. Nevertheless, Barcelona has

both the lowest proportion of isolates and of giant components, leaving more than 42 per cent of its network made up of other components. This implies that its network's connectivity is more homogeneous than the others. On the other hand, Madrid's nodes are highly concentrated in the giant component, while the proportion of isolates is more than 50 per cent.

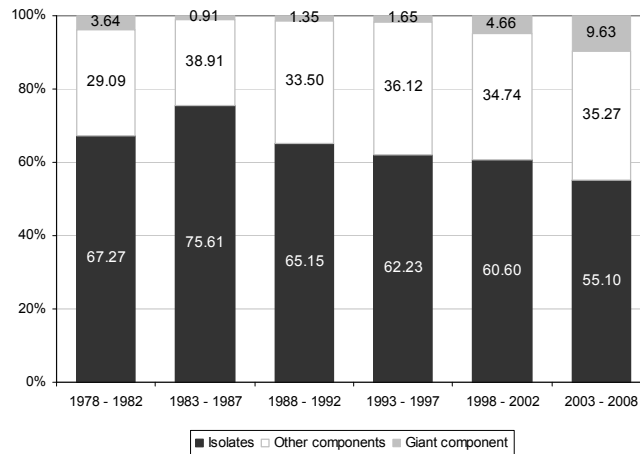
Figure 3.57: Component Distribution
(% of nodes)



Studying the evolution of the component distribution in the national Spanish network (see Figure 3.58) we can reach two interesting conclusions. First of all, we discover that, when considering all the periods simultaneously, the connectivity increases significantly as more links can be studied⁷². Secondly, as the network size increases over time, the proportion of isolates tends to be reduced, while the share of the giant component rises, showing higher connectivity levels in the network.

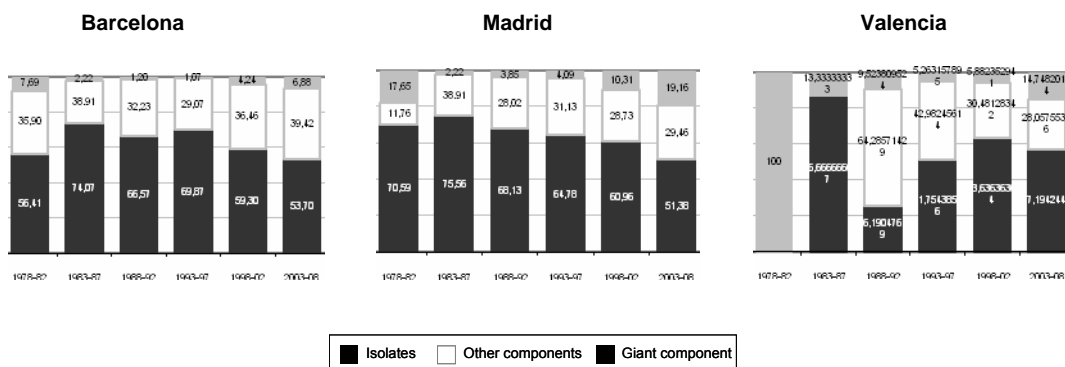
⁷² This fact can be explained as indirect links generated by the same inventor collaborating with two different companies in two different periods that are not considered when analysing each period separately, while they are considered when analysing all the periods simultaneously.

Figure 3.58: Evolution of the Component Distribution
(% of nodes)



When we compare the evolution of the component distribution in Barcelona, Madrid and Valencia (Figure 3.59) we observe that while in 1997 Barcelona had a higher proportion of isolates, its connectivity increased more rapidly than in Madrid, ending up in a similar situation in the last period. Regarding Valencia, due to its small size, its network shows a highly irregular evolution; nevertheless, in the last two periods its component distribution is similar to the one presented in Barcelona and Madrid.

Figure 3.59: Evolution of the Component Distribution in Barcelona, Madrid and Valencia
(% of nodes)



The main conclusions we can reach from the component distribution analysis is that Valencia and, especially, Madrid networks are highly concentrated in a giant component, also keeping a large proportion of isolate nodes, while in the case of Barcelona the distribution is more homogeneous and well-balanced among its nodes. These facts suggest that social capital in Barcelona is less concentrated and better distributed than in the other provinces.

4.2.2. Distance and centralisation properties

We will now analyse the properties related to the centralisation of the network. They include both properties that study how far the nodes are from each other and the level of centralisation as a measure of network concentration and power distribution.

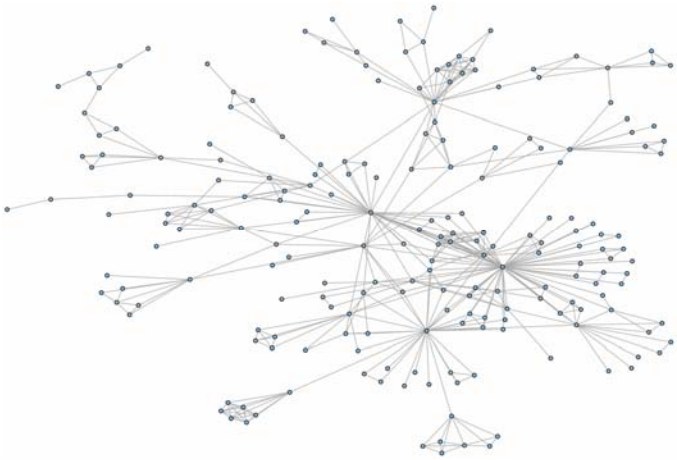
In Table 3.14 we present the most important centralisation measures. In this regard, we find that all the distance, betweenness, closeness and reach measures suggest that Barcelona's nodes are more distant from each other than the other networks' nodes.

Table 3.14: Centralisation Properties

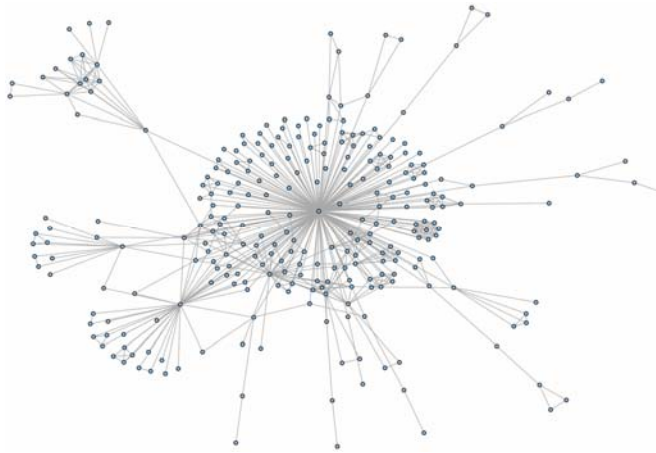
	Spain	Barcelona	Madrid	Valencia
Average Distance	3.76	3.72	2.72	2.07
Average Distance in Giant Component	3.79	3.87	2.74	2.20
Average Betweenness	123.15	25.29	41.56	4.42
Average Closeness	0.0003	0.0004	0.0006	0.0017
Average Reach	NA	0.0026	0.0124	0.0076
Centralisation	0.04	0.02	0.12	0.08

This fits into the other results presented above and implies that its structure is more expanded, similar to a spanning tree network. On the other hand, both Madrid and Valencia show shorter distances and higher levels of reach, suggesting a tighter and more concentrated structure in their networks (see Figures 3.60, 3.61 and 3.62).

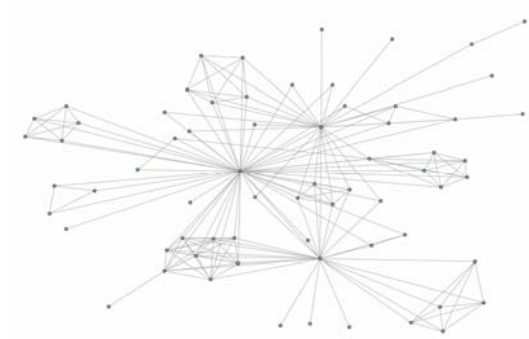
**Figure 3.60: Barcelona Innovation Network
(Giant Component)**



**Figure 3.61: Madrid Innovation Network
(Giant Component)**



**Figure 3.62: Valencia Innovation Network
(Giant Component)**

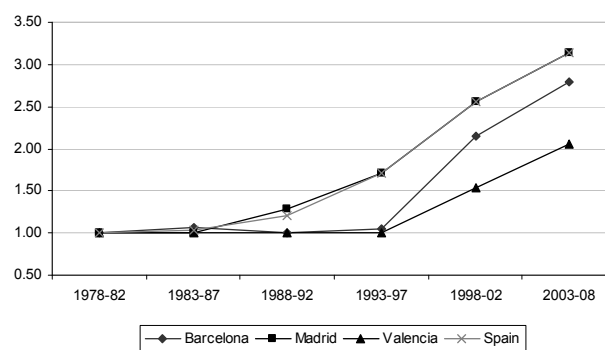


Note: these three graphs present the giant components of the Barcelona, Madrid and Valencia Networks. Their nodes are innovators located on each province and the links represent both direct and indirect relations that took place in any moment between 1978 and 2008. We can observe that even if Barcelona's whole network is the largest one; its giant component is smaller and less centralised than Madrid's one.

The evolution of average distance (Figure 3.63) shows that when the networks increase their size, this measure tends to grow. While Spain's and Madrid's networks have evolved in a very similar way, Barcelona and Valencia increased their distances beginning in 1997. However, Barcelona shows a more rapid increase than Valencia.

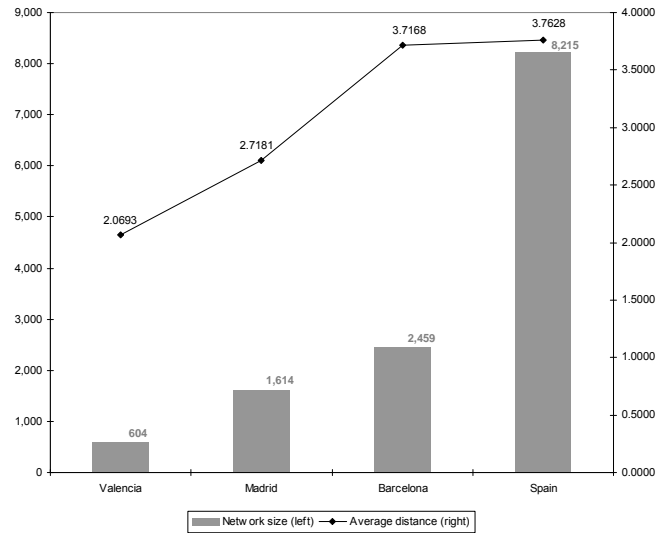
It is also interesting to observe that Madrid's network, considering all the periods together, presents a lower average distance than the same regional network in the last period. This can be explained by the fact that its concentrated structure implies more central nodes and tend to generate more indirect links and, therefore, reduce significantly the average distance of the network when considering all the periods together. Contrary to that, in the case of Barcelona, the average distance in the last period is significantly lower than the one registered when we consider the network data for all the periods together. This is especially interesting because it means that, analysing all the periods at the same time, we obtain an even more expanded network – instead of a tighter one– in Barcelona, and this can be interpreted as further evidence of the more equally distributed social capital in Barcelona.

Figure 3.63: Evolution of the Average Distance



If we analyse together the network size and the average distance (Figure 3.64), we observe that, compared to the national Spanish network, Barcelona's network presents almost one fourth of its size with almost the same average distance. This fact supports the idea that the network of Barcelona has a spanning tree shape while the Spanish network appears to be tighter.

Figure 3.64: Network Size (in Nodes) and Average Distance



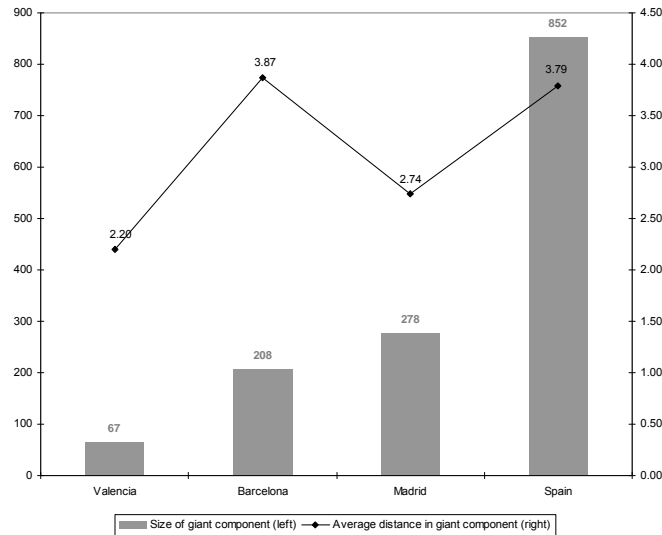
It is also interesting to focus only on the giant component to calculate the average distance among its nodes. In this case (Table 3.15), we can observe that, starting in 1988, while Madrid has only increased slightly, Barcelona’s distance in the last period is three times larger than the one in 1988, meaning that its network tends to be significantly more expanded over time.

Table 3.15: Average Distance in Giant Component Evolution

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	1.00	1.00	1.00	1.00	2.82	3.01
Madrid	1.00	1.00	1.71	2.06	2.03	2.24
Valencia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.89	2.15
Spain	1.00	1.00	1.93	2.77	2.76	3.18

Putting together the size of the network’s giant component with the average distance in it allows us to make an interesting comparison between Barcelona and Madrid (see Figure 3.65). With a smaller size of the giant component, Barcelona’s distance among their nodes is significantly higher than that of Madrid. This again emphasizes the spanning tree structure of Barcelona’s network in contrast to the tighter ones in Madrid and Valencia, revealing higher levels of equity in the distribution of social capital in Barcelona.

Figure 3.65: Network Size (in Nodes) and Average Distance in Giant Component



When we study the average reach evolution (Table 3.16) firstly we find a very irregular trajectory of all the networks. However, from 1993 on, we can observe a tendency towards increase, especially in Madrid’s and Spain’s networks. On the other hand, Barcelona’s increase is less pronounced, revealing a more stable evolution of its network in this aspect.

Table 3.16: Average Reach Evolution

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	0.0135	0.0030	0.0015	0.0011	0.0018	0.0024
Madrid	0.0294	0.0027	0.0028	0.0006	0.0012	0.0035
Valencia	1.0000	0.0095	0.0372	0.0092	0.0042	0.0130
Spain	0.0047	0.0010	0.0007	0.0006	0.0012	0.0035

Regarding the levels of centralisation, we find that Madrid and Valencia are clearly above the Spanish average (see Table 3.17). This fact reveals that their networks are closer to a star-shaped network, concentrating the greater part of their activities and influences in a lower proportion of nodes which have a significant role in bringing together or aggregating the rest of the connected nodes (see Figures 3.61 and 3.62). On the other hand, lower levels of centralisation in Barcelona reveal a more dispersed network (see Figure 3.60). This fact can also be supported when analysing the evolution of centralisation in Table 3.17, as, since 1988, Barcelona’s network has always been below the levels of the rest of Spanish networks.

Finally, it is important to remark in the case of Madrid that, as happened when studying the evolution of the average distance, there is a considerable difference

between the centralisation of the network when analysing it period by period and the same measure for the network considering all the data together. The explanation is the same as we stated before in the case of average distance.

Table 3.17: Centralisation Evolution

	1978-82	1983-87	1988-92	1993-97	1998-02	2003-08
Barcelona	0.0413	0.0122	0.0076	0.0069	0.0261	0.0299
Madrid	0.1083	0.0087	0.0311	0.0103	0.0325	0.0514
Valencia	0.0000	0.0714	0.0378	0.0357	0.0403	0.1155
Spain	0.0233	0.0052	0.0104	0.0103	0.0325	0.0514

4.2.3. Clustering and *small world* properties

We complete our analysis by presenting the clustering and *small world* measures of the Spanish networks. *Small world* measures combine clustering coefficients with other previous measures (such as reach and distance) and reflect the capacity of a network to combine high levels of clustering with short distances among its nodes. Table 3.18 summarises the most important values and, from it, we can reach some preliminary conclusions. First of all, analysing the average clustering, we observe that Valencia shows the highest levels, indicating a greater level of cliquishness in its innovation structures of collaboration.

Table 3.18: Clustering and *Small world* indicators

	Spain	Barcelona	Madrid	Valencia
Average Clustering	0.90	0.91	0.89	0.94
Average Reach	NA	0.0026	0.0124	0.0076
Average Distance	3.7628	3.7168	2.7181	2.0693
<i>Small world</i> measure I ^(a)	NA	0.0023	0.0111	0.0071
<i>Small world</i> measure II ^(b)	0.2392	0.2448	0.3274	0.4543

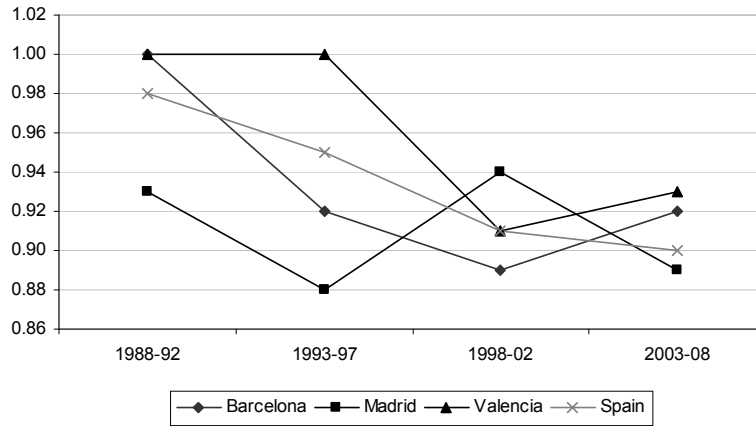
Notes:

(a) Average clustering x Average reach

(b) Average clustering / Average distance

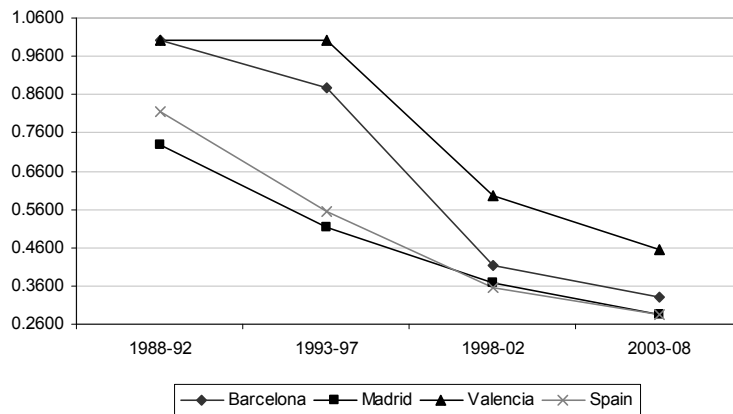
During the last four periods, the evolution of the average clustering (see Figure 3.66) reveals that, as the Spanish networks increase in size over time, in general terms their average clustering coefficients tend to decrease. This tendency is especially clear in the national Spanish network and, even though their results were more irregular, the Barcelona and Valencia networks have experienced a similar evolution.

Figure 3.66: Average Clustering Evolution



Finally, we present the evolution during the last four periods of the second *small world* measure (see Figure 3.67). From these data we can see a clear decreasing tendency in all of the networks. We can also observe how the results for Valencia were always above the rest, while Madrid and the national Spanish networks have always presented lower levels of *small world*.

Figure 3.67: *Small world* Measure II Evolution



Those last data are evidence of how, in general terms, the Spanish innovation networks are changing over time, reducing their clustering coefficients and increasing their average distances and, therefore, expanding their sizes without keeping a *small world* structure.

4.2.4. Node analysis

We include in our network analysis of the Spanish innovation system a study of the most important nodes on each network in order to describe their properties and main

characteristics. To identify them we have searched, on each of the networks, the nodes that presented higher degree, betweenness and number of patents in order to measure not only their level of activity and influence on the networks, but also their innovation outputs.

After this search, we have identified 14 nodes for the national Spanish network and 10 nodes on each of the Barcelona, Madrid and Valencia networks. For each node, we present the following information: its location, economic activity, whether it is a public institution or a private company, its number of patents and five characteristics of the node both in the regional network where it is located and in the national Spanish network (degree, clustering coefficient, betweenness and whether it belongs to the giant component or not).

As we can see in Table 3.19, half of the main nodes in the Spanish network are from Barcelona, five of them from Madrid and the remaining two are innovators from Valencia. Furthermore, we observe that eight of them are public institutions (seven universities and the CSIC, the National Centre of Scientific Investigation) while the rest of them are private companies, mainly from the pharmaceutical industry.

If we focus on the degree of the nodes, we discover that there is a great difference between the CSIC and the rest of the nodes: the CSIC's degree is more than seven times the degree of the second most important node in the Spanish network. This is due to the fact that the CSIC tends to cooperate with all the Spanish public universities and investigation institutions, agglomerating a significant portion of innovation activities in Spain. This is part of the explanation as to why the Spanish network –as well as that of Madrid– is highly centralised. Moreover, all the public universities analysed present higher levels of degree than the other nodes, being the most important hubs of the Spanish network.

Except for Laboratorio Almirall, S.A., all the clustering coefficients of the nodes analysed are below the Spanish average (0.248); this can be explained, as all the nodes considered here have a much higher degree than the average, which makes them bridges or connectors among other nodes more than members of separated clusters. Those bridges tend to present lower levels of clustering coefficient. Apart from that, the levels of clustering coefficient are higher in the private nodes (especially Laboratorio Almirall and Antibioticos S.A.) while the CSIC shows the lowest level of clustering. This fact demonstrates that the CSIC acts as the most important hub that connects the largest number of nodes in the Spanish network.

Table 3.19: Main Nodes of the Spanish Innovation Network

Name	Province	Activity/Industry	Public vs. Private Institution	Degree		Clustering		Betweenness		In giant component		Number of patents
				National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Madrid	Research institution	Public	337	192	0.013	0.016	297,563.30	35,107.33	Yes	Yes	646
Universitat Politecnica de Valencia	Valencia	University	Public	47	27	0.156	0.137	8,311.61	488.00	Yes	Yes	167
Universidad Complutense de Madrid	Madrid	University	Public	45	39	0.061	0.053	23,102.73	5,247.50	Yes	Yes	89
Universidad Autónoma de Barcelona	Barcelona	University	Public	42	15	0.188	0.133	5,602.99	1,403.14	Yes	Yes	34
Universitat de Barcelona	Barcelona	University	Public	41	31	0.095	0.067	25,973.46	5,449.22	Yes	Yes	36
Universitat Politecnica de Catalunya	Barcelona	University	Public	40	33	0.076	0.087	31,999.65	7,414.65	Yes	Yes	33
Universidad Autónoma de Madrid	Madrid	University	Public	34	34	0.111	0.107	5,230.82	1,344.58	Yes	Yes	45
Universitat de Valencia	Valencia	University	Public	32	27	0.165	0.197	14,337.46	571.50	Yes	Yes	26
Esteve Química, S.A.	Barcelona	Pharmaceutical	Private	30	21	0.117	0.138	31,460.82	5,884.95	Yes	Yes	79
Laboratorios Salvat, S.A.	Barcelona	Pharmaceutical	Private	26	15	0.225	0.162	13,460.13	3,904.49	Yes	Yes	12
Antibioticos, S.A.	Madrid	Pharmaceutical	Private	18	11	0.176	0.309	10,655.77	592.58	Yes	Yes	17
Ferrer Internacional, S.A.	Barcelona	Pharmaceutical	Private	10	10	0.067	0.067	5,259.23	1,722.61	Yes	Yes	44
Laboratorios Almirall, S.A.	Barcelona	Pharmaceutical	Private	9	8	0.278	0.357	2,104.12	335.60	Yes	Yes	55
Airbus España, S.L.	Madrid	Airplane design	Private	5	2	0.100	0.000	2,547.00	1.00	Yes	No	43

Regarding betweenness as a measure of individual centralisation, we find that, apart from the great difference between the CSIC and the rest of the nodes, the most central innovators of the Spanish network are located in Barcelona (Universitat Politecnica de Catalunya, Esteve Química and Universitat de Barcelona). Among them, especially interesting is the case of Esteve Química that, being the eighth node in degree, it is the third most central node in terms of betweenness.

On the other hand, the cases of the Universidad Autónoma de Madrid and the Universitat Autònoma de Barcelona show that, with high levels of degree, their betweenness is significantly below the other important nodes, reflecting a more peripheral position in the Spanish network.

It is also important to point out that all the nodes belong to the giant component both in the national network and in the regional ones, except for the case of Airbus, which is not in the regional giant component, revealing an innovation strategy where regional collaboration is not as crucial as in other cases.

When we compare the number of patents with the network properties of each node we can also reach interesting conclusions. In this sense, Ferrer with 44 patents and a degree of 10, Laboratorio Almirall with 55 patents and a degree of only 9, but especially Airbus with 43 patents and a degree of only 5, are three examples of companies that reveal a clear strategy of patenting with lower levels of collaboration.

On the other hand, the cases of the Universitat Autònoma de Barcelona, the Universitat Politecnica de Catalunya, the Universitat de Valencia and Antibióticos, S.A. present a higher degree than the number of patents they have registered, meaning that these nodes are clearly following a more cooperative innovation strategy.

Putting aside the national Spanish network and focusing on the separate regional networks, we will now analyse the most important nodes in each province. We will begin with Barcelona in Table 3.20.

As in the other networks, the role of the public universities is crucial as they are all among the nodes with higher degree. However, the differences among nodes in terms of degree are now less pronounced than in the case of the Spanish network.

As expected, the nodes with lower degrees have the highest levels of clustering coefficients. Regarding betweenness, the position of Esteve Química is significant, which, even though it is a private company with a lower degree, it is the second most

important node of the network, holding a more central position than the Universitat de Barcelona and the Universitat Autònoma de Barcelona.

If we focus on the number of patents, we find three private companies as the most active nodes in these terms (Esteve, Almirall and Ferrer). The patents obtained by these nodes are significantly higher than their degrees, which can be interpreted as a sign of an innovation strategy that is not based on collaboration with other innovators.

As to Madrid's network, (see Table 3.21), its most important nodes in terms of degree are, apart from the CSIC and the public universities, private industrial and telecommunications companies. As we stated before, the great differences between the CSIC and the rest of the nodes contributed significantly to the star-shaped and highly centralised network of Madrid.

Apart from the case of Airbus, it is interesting to note that the node of Vodafone does not belong to the giant component either in the Madrid network or in the Spanish one, leaving this company separate from the collaboration activities of the most important group of nodes in those networks.

Comparing the degree of the nodes with their number of registered patents, we discover that both Airbus and Telefonica have a much lower degree than their number of patents, which reveals more individual innovation behaviour.

Regarding Valencia's network (see Table 3.22), we observe that, apart from the Universitat Politècnica de València and the Universitat de València, its nodes do not appear to play a significant role in the Spanish national network. It is also interesting to realise that three of the nodes are private companies from the plastics industry, which is evidence of the regional agglomeration of these types of companies in València.

Finally, as to the connectivity of the network, we find that four of the nodes do not belong to the giant component and that two of them are isolates (one is an independent inventor with seven registered patents), which is proof of its lower level of connectivity.

Table 3.20: Main Nodes of the Barcelona Innovation Network

Name	Activity / Industry	Public vs. Private Institution	Degree		Clustering		Betweenness		In giant component		Number of patents
			National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	
Universitat Politècnica de Catalunya	University	Public	40	33	0.076	0.087	31,999.65	7,414.65	Yes	Yes	33
Universitat de Barcelona	University	Public	41	31	0.095	0.067	25,973.46	5,449.22	Yes	Yes	36
Esteve Química, S.A.	Pharmaceutical	Private	30	21	0.117	0.138	31,460.82	5,884.95	Yes	Yes	79
Universitat Autònoma Barcelona	University	Public	42	15	0.188	0.133	5,602.99	1,403.14	Yes	Yes	34
Laboratorios Salvat, S.A.	Pharmaceutical	Private	26	15	0.225	0.162	13,460.13	3,904.49	Yes	Yes	12
Ferrer Internacional, S.A.	Chemical	Private	10	10	0.067	0.067	5,259.23	1,722.61	Yes	Yes	44
Sociedad Española de Carburos Metálicos, S.A.	Pharmaceutical	Private	11	10	0.273	0.311	3,447.24	746.02	Yes	Yes	19
Laboratorios Mirall, S.A.	Pharmaceutical	Private	9	8	0.278	0.357	2,104.12	335.60	Yes	Yes	55
Laboratorios VITA, S.A.	Pharmaceutical	Private	10	7	0.244	0.333	1,363.08	569.26	Yes	Yes	11
INKE, S.A.	Pharmaceutical	Public	5	5	0.700	0.700	82.16	64.13	Yes	Yes	4

Table 3.21: Main Nodes of the Madrid Innovation Network

Name	Activity/Industry	Public vs. Private Institution	Degree		Clustering		Betweenness		In giant component		Number of patents
			National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	
Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Research institute	Public	337	192	0.013	0.016	297,563.30	35,107.33	Yes	Yes	646
Universidad Complutense de Madrid	University	Public	45	39	0.061	0.053	23,102.73	5,247.50	Yes	Yes	89
Universidad Autónoma de Madrid	University	Public	34	34	0.111	0.107	5,230.82	1,344.58	Yes	Yes	45
Universidad Politécnica de Madrid	University	Public	13	13	0.103	0.090	6,665.02	2,551.58	Yes	Yes	43
Alcatel Standard, S.A.	Electric and Telecom.	Private	13	11	0.321	0.400	4,918.33	958.50	Yes	Yes	34
Antibióticos, S.A.	Pharmaceutical	Private	18	11	0.176	0.309	10,655.77	592.58	Yes	Yes	17
Vodafone España, S.A.	Telecommunications	Private	7	7	0.619	0.619	3.08	3.08	No	No	20
Fábrica Nacional de Moneda y Timbre	Certification and security	Public	5	5	0.300	0.300	2,067.27	664.08	Yes	Yes	4
Airbus España, S.L.	Airplane industry	Private	5	2	0.100	0.000	2,547.00	1.00	Yes	No	43
Telefónica, S.A.	Telecommunications	Private	2	2	0.000	0.000	2,516.11	822.00	Yes	Yes	40

Table 3.22: Main Nodes of the Valencia Innovation Network

Name	Activity/Industry	Public vs. Private Institution	Degree		Clustering		Betweenness		In giant component		Number of patents
			National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	National network	Local network	
Universidad Politécnica de Valencia	University	Public	47	27	0.156	0.137	8,311.61	488.00	Yes	Yes	167
Universidad de Valencia	University	Public	32	27	0.165	0.197	14,337.46	571.50	Yes	Yes	26
Centro De Investigación Principe Felipe	Biomedical research	Public	10	10	0.800	0.800	850.00	65.00	Yes	Yes	2
Mondragón Telecommunications, S.L.	Telecommunications	Private	9	9	0.778	0.778	9.00	9.00	No	No	6
Plásticos Mondragón, S.A.U.	Plastic industry	Private	8	8	1.000	1.000	0.00	0.00	No	No	3
Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria	Association of companies	Private	6	5	0.467	0.600	1,698.00	65.00	Yes	No	1
Diseño de Sistemas en Silicio S.A.	Telecommunications	Private	7	5	0.571	1.000	3,417.45	0.00	Yes	Yes	30
Industrias Alegre, S.A.	Plastic industry	Private	2	2	0.000	0.000	850.00	65.00	Yes	Yes	2
Paniagua Olaechea, Rosalina	Private inventor	Private	1	1	0.000	0.000	0.00	0.00	No	No	7
SP Berner Plastic Group, S.L.	Plastic industry	Private	0	0	0.000	0.000	0.00	0.00	No	No	6

4.3. Statistical Analysis

After describing the Spanish innovation networks, their evolution and their principal nodes; we present, in this chapter, the statistical analysis that aims to study how these networks may affect the innovation production of Spanish firms.

To do so, firstly we identify a set of network characteristics associated with each company –node– from our database and then we model the relation between those characteristics in every period (independent variables) and the number of patents each company will register in the subsequent periods (dependent variable).

4.3.1. Dependent variable

As we stated in section 3 of this chapter, patent data are a good indicator of the innovation activities taking place in a given economy (Griliches, 1990; Archibugi, 1992; Andersen, 2001). Therefore, we use the number of patents obtained by each firm as a measure of their innovation results.

However, the use of patents to measure innovation outputs presents some difficulties, as the propensity to patent may vary across cities, time, among industries and due to a given firm's characteristics. These variations can result in a source of bias (Schilling and Phelps, 2007).

As explained below with more detail, in our models we were able to address the effects of cities (by considering the location of the nodes), time (by including the period) and firm differences (considering both the number of patents in year t and the degree of each node).⁷³

The idea is to observe how the network properties influences the future innovation results, therefore our response variable, *Next Patents_{it}*, is defined as the number of patent applications for the company i in the year $t + 1$. *Next Patents* is considered a discrete ordinal variable.

⁷³ However, we were not able to address the industry bias and, therefore, our results does not take into account those differences.

4.3.2. Independent variables

All of our explanatory or independent variables refer to network properties. One of them (*In Giant*) measures an individual characteristic of the nodes and, therefore, presents a different value for each node. The rest of the variables are measures of the network as a whole, so each of them will present the same value for every node of the network.

In Giant

The variable $In\ Giant_{it}$ indicates whether, during the period t , the node i is part of the giant component of its network or not. Therefore, it is a binary variable that takes 1 if the node belongs to the giant component and 0 if it does not belong to it.

It measures the possibility of a firm to have direct or indirect connections to the largest group of innovative companies in a certain network. We consider that being in this group of companies will improve future innovation of the firm as it will allow it to have easier access to valuable information and potential sources of collaboration among innovative firms. Therefore we expect this variable to be positively correlated with our dependent variable.

Giant Share

$Giant\ Share_t$ measures the share of total nodes that belong to the giant component of the network during the period t .

This variable reflects the level of importance that the main group of innovators has in a given network. If this group represents a higher proportion of the total network, then both the diffusion of information among and beyond –thanks to information spillovers, as explained in Part II– this group and the collaboration activities taking place in the network may benefit all the nodes in terms of their innovation outputs. Therefore, we expect this variable to be positively correlated with the dependent variable.

Giant Size

The variable *Giant Size_t* measures the number of nodes included in the giant component during the period *t*, regardless of the share these nodes represent over the total network.

Giant Size shows how large the giant group of connected innovators is. As this number increases, both the information diffusion and the collaboration possibilities among its members increase, and this fact may affect positively, not only the nodes of the giant component, but also the whole network. This is why we expect this variable to be positively correlated with the dependent variable.

Density

The variable *Density_t* measures the share of actual links over the number of total possible links in a given network. Therefore, the level of density at period *t* is calculated as follows:

$$Density_t = \frac{l}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

Where:

l is the number of existing links in the network

n is the number of existing nodes in the network

Nodes in denser networks are more connected among themselves than nodes in networks with lower levels of density. As explained in Section 2.5.1 of Part II, density may help the nodes to obtain better innovation results, as more connections increase the information diffusion and makes it more trustworthy. For this reason, we expect this variable to be positively correlated with *Next Patents*.

Centralisation

This variable shows how concentrated in a few number of nodes a network is. To measure it, we have used the index of network degree centralisation that calculates,

in terms of percentage, the similarity of a given network to a star-shaped network⁷⁴ with the same number of nodes.

The centralisation of a network with n nodes is calculated as follows (see Part II for more details):

$$Centralization = \frac{\sum [C(v^*) - C(v_i)]}{n - 2}$$

Where:

$$C(v_i) = \frac{\text{deg}(v_i)}{n - 1}$$

is the degree centrality of node v_i

v^* is the node with the highest degree of centrality of the network,

This property can affect patenting activity in two different ways. Firstly, as more centralised networks tend to have shorter distances among their nodes, centralisation may facilitate information diffusion, increasing the innovation outputs (Schilling and Phelps, 2007). However, in the cases of highly centralised networks, the activity tends to be unequally distributed and too highly concentrated in a lower proportion of nodes, leading to an increase in the homogeneity of the information diffused by it. This fact may reduce patent production in the whole network.

Due to the high levels of centralisation presented by the Spanish networks, we expect this variable to be negatively correlated with the response variable.

Clustering

Clustering indicates the degree to which the network contains groups of nodes highly connected among them. To measure the average clustering, we have calculated the individual clustering coefficient for each node and then obtained its average value (see Part II for more details):

$$Clustering_i = \frac{\sum IndividualClustering}{n}$$

As we explained before, this variable may affect the innovation outputs in many different ways depending on the levels of clustering presented by the network. When the

⁷⁴ A star-shaped network is a network where one node is connected to all other nodes and all other nodes are connected only to this one central node.

levels of clustering are low, an increase in it may improve the innovation results by accelerating the circulation of information and by helping collaboration activities among its nodes. However, when the clustering levels are too high, an increase in it can reduce the innovation outputs as it may lead to an excess of homogeneity and redundancy in the information shared and even limit some positive collaborations with nodes outside the cluster.

Due to the low levels of clustering presented by our networks, we expect this variable to be positively correlated to the dependent variable.

Reach

The variable *Reach* shows how far all the nodes are from each other in given a network. The main advantage of this variable over the average distance is that it takes into account not only the number of firms that can be reached by any path from a given firm, but also the path length that it takes to reach them (Schilling and Phelps, 2007).

To calculate it we proceed as follows:

$$Reach_i = \frac{\left[\sum_n \sum_j \frac{1}{d_{ij}} \right]}{n-1}$$

Where:

d_{ij} is the minimum distance from node *i* to node *j*, where *i* ≠ *j*

n is the number of existing nodes in the network.

This variable represents the level to which a network is expanded, with its nodes farther away from each other– or tighter –with closer distances among its nodes. Again, as we stated in Part II, an increase in the average reach may improve the innovation outputs of the network when this increase can help its nodes to have an easier access to new information and sources of collaboration. However, when the levels of reach are too high, an increase on it may reduce innovation outputs as it may lead only to an increase in the homogeneity of the network.

As the levels of reach in our networks are low, we expect a positive effect of *Reach* on the dependent variable.

Small world

Calculated as the multiplication of the average clustering and the average reach, this variable represents the degree a network can combine high levels of clustering with short distances among its nodes.

$$\textit{Smallworld} = \textit{Clustering} \times \textit{Reach}$$

The combination of clustering and reach may improve, by itself, the innovation activities in a given network. As explained in Part II, the *Small world* property makes the existence of both characteristics more valuable because clustering advantages are higher when the clusters are not too far from each other (i.e. when reach is high) and the advantages of reach increase when there are different and highly connected clusters in the network (i.e. when clustering is high).

For all these reasons, we expect this variable to be positively correlated with *Next Patents*.

4.3.3. Firm-level control variables

As mentioned above, the propensity to patent may vary due to firm characteristics and this fact can result in a source of bias. We include in our model the following control variables in order to address this effect.

Current Patents

The variable *Patents* controls unobserved heterogeneity in firm innovation propensity by considering the number of patents registered in the current period as, in general terms, firms with more patents in period t will tend to also obtain more patents in period $t + 1$.

Degree

To control for the positive firm-effect generated by a higher level of activity of a firm in terms of the number of collaboration links it has with other firms in the network we include the variable *Degree* that measures the number of links to each node.

4.3.4. Other control variables

Other factors related to the location of the firms or the period of time may also influence patenting activities; by including the following two control variables in our model, we address this effect.

City

We control for the differences in terms of patenting propensity among the most innovative cities in Spain (Barcelona, Madrid and Valencia). To do so, we included in our models two different dummy variables and, by combining them with the nodes from these three cities, we propose to identify in which city each node is located:

- City1: to control for the effect of being in Madrid, it values 1 if the node is located in Madrid and 0 if it is not.
- City2: to control for the effect of being in Valencia, it values 1 if the node is located in Valencia and 0 if it is not.
- In the case that both variables take 0, then the node is located in Barcelona.

Period

Finally, we take into account other unobserved differences in patenting activities over time by considering the period of analysis as a control variable. In this sense, the variable *Period_t* controls for the differences in patent production that may be caused by the evolution of macroeconomic, political or other factors that may vary over time influencing the innovation outputs.

Its values range from 1 to 6 depending on which of the six periods we are considering.

4.3.5. Regional and national perspective

Except for the variables *Patents*, *City* and *Period*, all of our explanatory variables can be calculated both from a regional and from a national perspective as they

all can use data from the Spanish national network or from each of the regional networks.

This fact allows us to run each of our models two different times: once with the regional variables and again with the national variables. By doing so, we will be able to compare the effects of the national variables with those of the regional variables and discover, if there are any, the differences in the network influences in terms of space and location.

4.3.6. Model specification

Our dependent variable, *Next Patents*, is a count variable that takes only non-negative integer values. A linear regression is not appropriate to model count data so the alternative is to use a generalised linear model. Theoretically, a Poisson distribution would be adequate; however, in such a distribution, the variance increases as its mean does and, in practice, our count data present over-dispersion (i.e., the variance exceeds the mean, rather than equalling it), which does not fit with the Poisson model's assumptions.

To model over-dispersed count data like ours, an alternative to the Poisson regression is to use an ordered logistic regression that, assuming a binomial distribution rather than a normal one, allows for over-dispersion (Agresti, 1996).

The logistic regression model, in general terms, like other generalised linear models, allows for several explanatory variables that can be quantitative, qualitative, or of both types. This fact fits perfectly into our set of independent variables.

Furthermore, to cope with our response variable (*Patents*), the ordered logistic model divides it into levels or categories and considers the relationship between each level of patent production (in terms of number of patents) and all higher levels.

If we consider the cumulative probabilities as the probabilities that company Y falls in patent production level j or below, for each possible j . Then, the j th cumulative probability is:

$$P(Y \leq j) = \pi_1 + \dots + \pi_j, \quad j = 1, \dots, J$$

And then, we can calculate the logits of the first $J - 1$ cumulative probabilities:⁷⁵

$$\text{logit}[P(Y \leq j)] = \log\left(\frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)}\right)$$

Finally, the ordered logit regression models the cumulative logit as a linear function of the independent variables as follows:

$$\text{logit}[P(Y \leq j)] = \alpha_j + \beta x, \quad j = 1, \dots, J - 1$$

In this formula, β is the parameter describing the effect of the set of independent variables (x_i) on the log odds of the response variable being in category j or below. As there is only one parameter, the model assumes that there is only one set of coefficients describing the effect of x_i on Y .

Finally, α_j tells us the log odds of the response variable being equal or less than category j when all the explanatory variables, x_i , are equal to zero.

In our case, the model we estimate presents this general form:

$$\text{Next Patents}_{it} = f(\text{Clustering}_t, \text{Reach}_t, \text{Small World}_t, \text{In Giant}_t, \text{Density}_t, \text{Centralisation}_t, \text{Giant Share}_t, \text{Giant Size}_t, \text{Patents}_t, \text{Degree}_t, \text{City}, \text{Period}_t)$$

4.3.7. Results

By combining our variables, we constructed several models and chose, among all, four of them for our analysis. As we stated before, we ran each of the four models using, firstly, the regional values of each variable and later the national values in order to compare the regional with the national network effects.

In our first model we include, apart from the control variables, the independent *Clustering*, *Reach*, *In Giant*, *Density* and *Centralisation*. In a second model we add the *Small World* variable to observe whether, apart from the *Clustering* and *Reach*, the combination of these two measures influences innovation. In our third model we exclude the *Small World* measure but consider the *Giant Share*. Finally, the fourth model is the same as the third, but considering *Giant Size* instead of *Giant Share*.

⁷⁵ “The cumulative probabilities reflect the ordering, with $P(Y \leq 1) \leq P(Y \leq 2) \leq \dots \leq P(Y \leq J) = 1$. Models for cumulative probabilities do not use the final $P(Y \leq J) = 1$, since it necessarily equals 1” (Agresti, 1996: p. 212).

Table 3.23 classifies and summarises the variables considered in each of our four models:

Table 3.23: Models and Variables

Model	1	2	3	4
Independent Variables	Clustering Reach In Giant Density Centralisation	Clustering Reach In Giant Density Centralisation <i>Small world</i>	Clustering Reach In Giant Density Centralisation Giant Share	Clustering Reach In Giant Density Centralisation Giant Size
Control variables	Patentst Degree City1 City2 Period	Patentst Degree City1 City2 Period	Patentst Degree City1 City2 Period	Patentst Degree City1 City2 Period

After running our models we obtain 385 observations. This means that, from all the nodes of our networks, 385 were found to be active in at least two consecutive periods of time.

The results of the regression analysis are shown in Table 3.24. We can observe that the likelihood of ratio chi-square, in all of our models, is between 126 and 134 with a p-value of 0.0000, which tells us that each of our models as a whole is statistically significant when compared with no predictors. In addition, as there is no direct equivalent of an R-squared in non-linear regressions, we present the pseudo-R-squared that, in all cases, present an acceptable value.

When we analyse the results of our variables we reach several conclusions:

- First of all, neither *Clustering* nor *Reach*, *Small World* or *Density* achieve statistical significance in any of our models, suggesting that, at least in the case of Spain, those network characteristics do not affect the innovation outputs of firms.
- We also discover certain differences in some variables between the national values and the regional ones. For example, the coefficient for the variable *In Giant* has been found to be statistically significant in models 1 and 2 and highly significant in models 3 and 4. However, this significance is only found when applying the national variables and not when considering the regional ones only.

- As the coefficient is always positive, we can conclude that only at the national level it is crucial for a firm to be in the giant component of the network because all the contacts a company can accede to by belonging to it may contribute to its innovation processes regardless of the location of them. At a regional level other factors may be important, but this fact is irrelevant.⁷⁶
- Regarding *Centralisation* we can observe that the regional variable shows a negative coefficient⁷⁷ with statistical significance in models 1 and 2; in model 3, the regional coefficient has been found highly significant while the national one is only marginally significant. Finally, in model 4, only the national coefficient has been found marginally significant.
- These data can be interpreted as if the level of centralisation in the regional network is crucial, because it tends to decrease the patent production of the firms while it is not important –or only marginally important– when considering the national network. This suggests that, at a regional level, highly centralised networks are less productive in terms of innovation as they tend to concentrate the network activity in a fewer number of nodes and, therefore, the information transmitted may be more homogeneous and redundant; on the other hand, more decentralised networks seem to be more innovative as they attempt to generate more diverse and richer information that may improve innovation processes. At the national level, centralisation is not crucial at all.
- As to the variable *Giant Share*, we discover that its coefficient⁷⁸ is, in model 3, positive and statistically significant from a regional perspective,

⁷⁶ The interpretation of the coefficients, taking as an example the value of the variable *In Giant* in the first model from a national perspective (i.e.: 1.782), can be as follows: for the nodes belonging to the national giant component, the probability of increasing their number of patents during the next period is $e^{1.782}$ higher than for the nodes that are not connected to the giant component.

⁷⁷ In this case the interpretation of the coefficients, taking as an example the first model from a regional perspective, can be as follows: for a one unit increase in the level of centralisation of the network, we can expect a 14.486 decrease –as the coefficient is negative– in the log odds of increasing the number of patents obtained by all the nodes of this network, given that all of the other variables are held constant.

⁷⁸ The interpretation of this coefficient can be the same as in the case of *Centralisation*, i.e., for a one unit increase in the share of the giant component over the total network, we can expect a 42.724 increase in the log odds of increasing the number of patents obtained by all the nodes of this network, given that all of the other variables are held constant.

while it is only marginally significant from a national perspective. This can be interpreted as if the share of nodes in the giant component is important at the regional level, suggesting that the level of connectivity of the network is crucial for all its nodes only from a regional perspective.

- Finally, regarding *Giant Size*, we find it, in model 4, to be only marginally significant⁷⁹ at the national level. This may be seen as a proof that the number of nodes connected to the giant component, regardless of the share they represent over the total network, may generate, if it is large enough, a positive influence on the whole network.

⁷⁹ Again, its coefficient can be interpreted as in the cases of *Centralisation* and *Giant Share*.

Table 3.24: Ordered Logistic Regression Models Results

	Model 1				Model 2				Model 3				Model 4			
	Regional		National		Regional		National		Regional		National		Regional		National	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
Independent Variables																
<i>Clustering</i>	-0.622	0.426	-0.025	0.370	-0.588	0.490	0.079	0.427	-0.632	0.427	-0.041	0.372	-0.634	0.426	-0.041	0.372
<i>Reach</i>	19.825	20.038	-76.912	50.329	22.211	26.448	-53.619	69.420	26.094	20.276	-88.410	50.832	20.092	20.070	-88.410	50.832
<i>In Giant</i>	-0.125	0.602	1.782 *	0.709	-0.138	0.609	1.681 *	0.741	-0.277	0.606	1.953 **	0.715	-0.136	0.602	1.953 **	0.715
<i>Density</i>	32.987	34.614	136.445	268.112	33.059	34.675	125.397	269.163	-44.441	46.245	-269.990	338.577	33.708	35.190	806.684	445.337
<i>Centralisation</i>	-14.486 *	6.185	-3.529	18.595	-14.500 *	6.189	-3.692	18.604	-59.727 **	19.357	-267.454 +	139.669	-21.481	11.641	-169.233 +	88.945
<i>Small World</i>					-3.574	25.792	-30.282	62.329								
<i>Giant Share</i>									42.724 *	17.118	203.988 +	106.830				
<i>Giant Size</i>													0.017	0.024	0.046 +	0.024
Control Variables																
<i>Patents</i>	0.221 **	0.031	0.226 **	0.031	0.221 **	0.031	0.225 **	0.031	0.222 **	0.031	0.228 **	0.031	0.221 **	0.031	0.228 **	0.031
<i>Degree</i>	0.249	0.148	0.166	0.110	0.245	0.151	0.151	0.114	0.235	0.149	0.178	0.111	0.246	0.148	0.178	0.111
<i>City1</i>	0.621	0.297	0.104	0.214	0.621 *	0.297	0.116	0.215	0.692 *	0.295	0.087	0.215	0.698 *	0.316	0.087	0.215
<i>City2</i>	-0.261	0.489	-0.210	0.401	-0.257	0.490	-0.201	0.403	-0.203	0.476	-0.247	0.403	0.024	0.639	-0.247	0.403
<i>Period</i>	0.304 *	0.130	0.166	0.253	0.305 *	0.130	0.167	0.253	0.242	0.128	-0.181	0.306	0.188	0.208	0.112	0.252
Models validity																
Log Likelihood	-716.8753		-717.3763		-716.8657		-717.2584		-713.8512		-715.5323		-716.6188		-715.5323	
Number of obs.	385		385		385		385		385		385		385		385	
LR chi2 (10)	127.70		126.70		127.72		126.93		133.75		130.39		128.21		130.39	
Prob > chi2	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	
Pseudo R2	0.0818		0.0811		0.0818		0.0813		0.0857		0.0835		0.0821		0.0835	

+ $p < 0.06$

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

4.3.8. Discussion

We began this section arguing that the network characteristics may influence the innovation outputs of firms. The structural properties of social capital, revealed in certain network measures, can contribute to improving information transmission as well as to fostering collaboration among the members of the network. These two facts may result in an increase in the innovation results of companies.

We tested this argument using Spanish patent data from 1978 to 2008 and our results support the argument: four out of eight network characteristics selected as explanatory variables reported to be correlated to patent production of firms.

The connection to the national giant component (measured by the variable *In Giant*) seems to be the most determinant network property in relation to patent production. This characteristic refers to an individual property of each node and, as stated before, is only determinant when referred to the national giant component and not to the regional ones, which demonstrates that in Spain the advantages –in terms of information and collaboration– of having access to the largest group of innovative companies are crucial only when this group is the national one and not when it is made up of regional firms.

The remaining three determinant measures are properties of the entire network. In the case of *Centralisation*, our results illustrate a negative influence of this measure on the innovation outputs of all the nodes in the network. This fact may be one of the sources of difference among Spanish regional networks: as we detailed in section 4.2, while the Madrid and Valencia networks appear to be highly centralised with a reduced number of nodes agglomerating most of the network activity,⁸⁰ Barcelona presents a more dispersed network structure. This difference may have led to better innovation results in Barcelona over time.

Our results also report a positive influence on innovation outputs of the share of nodes that are connected to the giant component of the regional network (variable *Giant Share*), suggesting that the benefits of information diffusion among the members of this component may go beyond its boundaries and reach other regional nodes. As this variable is proven to influence all the regional nodes in the network and not only the

⁸⁰ Especially illustrative are the cases of the CSIC in Madrid and, in Valencia, of the Universitat Politecnica de Valencia and Universitat de Valencia.

ones connected to the giant component, the results support other empirical studies proving that information spillovers tend to be spatially bounded at a regional level (Feldman, 1999; Sorenson and Singh, 2006).

Regarding the size of the national giant component (variable *Giant Size*), our models indicate that, although the results are less significant, there is a positive effect of this measure on patent production. This fact is consistent with the idea of information spillovers, suggesting also that, when the giant component is large enough, other firms may be positively affected through connections different than the ones considered in our networks; and this positive influence can be important in terms of innovation.

Our models do not report any effect of the rest of network properties on Spanish innovation production. Therefore we can conclude that, unlike other empirical studies that attempted to prove the relationship between the *Small world* measures and the outputs obtained by the members of the network (Uzzi and Spiro, 2005; Schilling and Phelps, 2007), in the case of Spain, these characteristics seem to have no influence on innovation outputs.

However, as we stated before, the rest of our results are consistent with the idea, presented by these and others multiple studies, that general network properties affect its members' production (Scholz and Wang, 2003; Singh, 2003; Owen-Smith and Powell, 2004; Granovetter, 2005; Uzzi and Spiro, 2005; Fleming *et al.*, 2007; Crowe, 2007; Schilling and Phelps, 2007; Fritsch and Kauffeld-Monz, 2008; Cowan and Jonard, 2008).

Our main contribution may rely on the differences we found among network properties that are crucial when nodes are considered at a national level (being in the giant component and the size of this component) and the properties that are important only when analysing the regional network (centralisation and the share of the giant component). This may lead companies, public institutions and policy makers to consider which type of innovation strategies may follow in order to improve their results according to their previous situation and the spatial domain of their collaboration patterns.

Part IV

Conclusions

Summary:

In this last section we present the conclusions of our work. We classify them in three groups: the first one (Theoretical Conclusions) brings together conclusions related to the concept and types of social capital, its main characteristics and some theoretical aspects as to the relationship between social capital and development; the second group (Methodological Conclusions) includes conclusions regarding the methodologies required in order to develop an empirical study of social capital; finally, the third group (Empirical Conclusions) summarises the conclusions obtained in our empirical study of social capital in the Spanish innovation networks.

1. Theoretical Conclusions

The concept of social capital has generated several controversies among academics and, to date, there is still not a general consensus as to its definition. The concept can be easily confused with terms such as *institutions*, *trust* or *culture* due to the theoretical aspects it shares with them. However, it is a different concept which must be analysed separately.

Lin's definition contributes to clarifying these confusions, considering social capital as the set of resources embedded in social networks of relationships (Lin, 2005). This definition is especially interesting as it highlights both the *social* condition and the productive aspects of social capital. According to this definition, given a group of agents linked by a network of relationships, there is a collective resource which can be identified with the network itself as it may facilitate the transmission and sharing of individual resources. Also, from this definition we can conclude that social capital can not be found in any of the agents connected by a relationship –it does not belong separately to any of them– because it is only embedded in the relationship itself and, therefore, it is owned by all of the agents at the same time.

If social capital is a resource embedded in the relationships among agents, we can identify two components of this resource:

1. Structural component: identified with the structure or shape described by the networks of relationships.
2. Institutional component: characterised by the norms which frame the relationships among agents.

Social capital can be studied from an individual perspective analysing the network of contacts owned by one individual. From this perspective, social capital can be considered as the result of previous social and economic inequalities among agents, and it tends to increase those inequalities.

When classifying social capital, we can observe two types with different characteristics, advantages and disadvantages: bonding social capital and bridging social capital.

1. Bonding social capital is present in the strength ties which characterises closed relationships among individuals. This type of social capital tends to reinforce homogeneous, highly cohesive and excluding groups.
2. Bridging social capital can be identified with Granovetter's weak ties (Granovetter, 1973) that link some members of a cohesive social group with individuals outside the group. These ties are less permanent and reflect a weaker relationship among agents, but present several advantages as they enrich the cohesive groups by adding heterogeneity.

When adequate, social capital may contribute to economic development processes through a reduction in transaction costs. This reduction is due to two facts: (1) an increase and improvement in information diffusion among agents and (2) an increase in cooperation.

Regarding the influence of social capital on information diffusion, two explanations can be found for this fact: the first one –supported by several empirical studies– considers that different network structures may improve or restrain information diffusion among connected agents and, therefore, social capital embedded in these networks may influence the accessibility of information. The second explanation refers to the fact that social capital may facilitate the transmission of tacit, non-codified knowledge and collective learning processes which require informal channels for information flows. When social capital presents these informal channels, it foments information diffusion and reduces transaction costs.

As to the increase in cooperation, the arguments are based on the idea that social capital can generate some kind of internal cohesion, identification with group values, and mutual trust among its members. This fact has three influences on the behaviour of the group: firstly, it facilitates a system of self-regulation and surveillance, which provides disincentives for opportunistic actions; secondly, it can help group members to believe that no other member may act opportunistically and, therefore, it may stimulate the adoption of cooperative solutions; and, finally, it can alter individual incentives, moving separate preferences towards general targets shared by the group.

We have also identified three arguments which reveal a possible negative effect of social capital on development: First of all, its maintenance is time-consuming and,

therefore, social capital may reduce time which can be dedicated to other productive activities. Furthermore, social capital may eventually be used to elude competence, which will reduce efficiency. And also, when networks present very high levels of internal cohesion, internal norms may result in restrictions to changes which can reduce innovation activities.

When analysing the conditions under which social capital has more influence on development, we found that it is more crucial when legal and institutional bases are weaker, education levels are poorer and per capita income is lower. Therefore, social capital's influence on development is higher under inferior development levels.

The relationship between social capital and development can move in both directions as development processes influence social capital. Firstly, when development comes together with migration flows and cultural worsening, it can have a negative influence on social capital. But also, when development facilitates social relationships, it can also be considered as a way to increase the levels of social capital.

2. Methodological Conclusions

To measure social capital without confusing it with its determinants or its outputs, it is convenient to focus exclusively on its two components (i.e. the structural component and the institutional component).

Regarding the scope of analysis, when starting from an individual perspective, several aspects of the relationship between social capital and economic development may not be taken into account; therefore, we suggest adopting a global perspective (i.e. considering a group of agents together). In this sense, we find it especially interesting to focus on the regional and local perspectives, due to their weighty influence on economic development.

As to the possible methodologies, social network analysis appears to be an estimable tool for measuring the structural component of social capital, as it allows the obtaining of quantitative and qualitative information as to the dynamics of social relationships where social capital is embedded. However, it may be helpful to round out the social network analysis with other methodologies such as surveys or experiments which can offer more information on the type of relationships, in order to understand the institutional component of social capital and the characteristics of the nodes.

To map the structure of social networks at a local, regional or national level, it is convenient to focus only on a specific type of social or economic relationship as it seems almost impossible to analyse all the types of relationships taking place in a given city, region or country.

Some network properties such as reach, connectivity, centrality, clustering or small world appear to have a positive influence on the network outputs and, therefore, can be considered as social capital structural properties. Measuring these properties will allow us to measure social capital.

Patent data are a very interesting source of information as to social capital because they allow for the construction and analysis of networks of inventors and innovators who cooperate to develop innovation activities. They also allow the observation of the evolution of networks and the geographical differences between them.

3. Empirical Conclusions

The Spanish innovation system presents a significant historical time-lag and a great technological dependence. These two facts have considerably influenced its subsequent evolution. Since 1980, Spain has shown significant progress regarding its institutional framework, the resources employed on research and development as well as on the results of its national innovation system. This evolution has led to a considerable convergence with the European Union countries, even though its situation compared with the OECD standards is still weak.

The progress shown by the public system of innovation has not coincided with a similar evolution in the private sector, which presents considerably lower levels of innovation activities and a reduced capacity to apply innovation outputs to the practices within the production system.

The Spanish innovation system is highly concentrated within a few regions. Madrid and Cataluña makes up around 50 per cent of the resources and results of the entire system. When including Andalucía, Valencia and País Vasco, this percentage increases up to 75 per cent. The rest of the country does not represent any innovative activities.

Collaboration activities in innovation processes have been increasing during the last few years, especially in Barcelona and Madrid. This fact reveals a tendency towards a higher use of social capital in innovation processes during recent years. Collaboration links for innovation are more homogeneously distributed around the country than patent production. This may suggest that even if both social capital and innovation results are geographically concentrated, the first is better distributed than the second as innovation outputs depend not only on social capital but also on other forms of capital such as financial, technical, or human.

When analysing the basic properties of the innovation networks in Spain, we discover that Barcelona is the largest network, followed by Madrid and Valencia, which means that the most active and cooperative innovators are located in these three provinces.

Regarding the evolution of the number of nodes and links, all the networks present very rapid growth, especially since 1993. However, the number of nodes grew faster than the number of links, which led to a decrease in the networks' density. The Barcelona network is the least dense, which is evidence of more greatly expanded and distributed social capital.

As to the degree distribution, we observe that while the Madrid network presents high heterogeneity, Barcelona is more homogeneous. In both cities, the average degree has increased over time, reflecting the fact that innovators have not only increased their cooperative activities, but also they have expanded their range of partners.

Focusing on the network composition in groups of nodes, we observe that Valencia and, especially, Madrid are more highly concentrated in a giant component, while also maintaining a large proportion of isolate nodes; on the other hand, Barcelona's distribution is more homogenous and well-balanced among its nodes, suggesting again that its social capital is better distributed.

The Spanish national network, and especially Madrid and Valencia, are close to a star-shaped network, concentrating the greater part of collaboration activities and influences in a lower proportion of nodes which have a significant role in bringing together or aggregating the rest of the connected nodes. On the other hand, Barcelona reveals a more dispersed network, similar to that of a spanning tree, revealing higher levels of equity in the distribution of social capital.

Observing the small world structure of Spanish networks, we discover that, over time, they all tend to reduce their clustering coefficients and increase their distances. Therefore, as they increase their sizes, they tend to lose their small world structure. This occurs in all Spanish provinces, which can be interpreted as an evolution in social capital which leads to a loss in the combination of separate groups of highly connected innovators towards a more centralised new structure within a fewer number of nodes.

The most critical nodes in Spanish networks are public institutions. The first one is CSIC (the National Centre of Investigation), which agglomerates a considerable part of innovation activities in Spain. Following CSIC we find seven public universities and several private pharmaceutical companies, primarily based on Barcelona. All these nodes act as hubs which connect a large number of nodes and contribute to the high

levels of centralisation within Spanish networks. Private companies present innovation strategies with lower levels of collaboration than public institutions, which tend to maintain more collaboration in developing a patent.

The statistical analysis supports the hypothesis arguing that structural properties of social capital, revealed in certain network measures, can improve information transmission as well as collaboration among the members of the network and that these two facts may lead to an increase in the innovation outputs of the network members.

Our primary contribution may rest on the differences we found among network properties which are crucial when nodes are considered at a national level and the properties which are significant only when analysing the regional network. This may lead companies, public institutions and policy makers to consider which type of innovation strategies they should follow in order to improve their results with respect to their previous situation and the spatial dimension of their collaboration patterns.

The connection to the national giant component seems to be the most determinant network property in relation to patent production. This characteristic refers to an individual property of each node and is only determinant when referring to the national giant component and not to the regional ones, which proves that in Spain the advantages –in terms of information and collaboration– of having access to the largest group of innovative companies are crucial only when this group is the national one and not when it is made up of regional firms.

The remaining three determinant measures are properties of the entire network. In the case of *Centralisation*, our results illustrate a negative influence of this measure on the innovation outputs of all the nodes in the network. This fact may be one of the sources of difference among Spanish regional networks: while Madrid and Valencia networks appear to be highly centralised, Barcelona presents a more disperse network structure. This difference may have led to better innovation results in Barcelona over time as more decentralised networks seem to be more innovative because they attempt to generate more diverse and richer information, which may improve the innovation processes.

Our results also report a positive influence on innovation outputs of the share of nodes which are connected to the giant component of the regional network, suggesting

that the benefits of information diffusion among the members of this component may go beyond its boundaries and reach other regional nodes. As this variable is proven to influence all the regional nodes in the network and not only the ones connected to the giant component, the result supports other empirical studies concluding that information spillovers tend to be spatially bounded in a regional level (Feldman, 1999; Sorenson and Singh, 2006).

Regarding the size of the national giant component, our models indicate that, although the results are less significant, there is a positive effect of this measure on patent production. This fact is consistent with the idea of information spillovers, also suggesting that, when the giant component is large enough, other firms may be positively affected through connections other than the ones considered in our networks; and this positive influence can be significant in terms of innovation.

Our models do not report any effect of the rest of network properties of Spanish innovation production. Therefore we can conclude that, unlike other empirical studies which attempted to prove a relationship between the small world measures and the outputs obtained by the members of the network (Uzzi and Spiro, 2005; Schilling and Phelps, 2007), in the case of Spain, these characteristics seem to have no influence on innovation outputs.

However, the remainder of our results are consistent with the idea, presented by these and many other studies, that general network properties affect its member's production and, therefore, that social capital embedded in those networks has an influence on development by improving the innovation outputs.

Referencias bibliográficas

- Agresti, A. (1996). *An Introduction to Categorical Data Analysis*. John Wiley, New York.
- Alfonso Gil, J. (2001). “Instituciones Económicas. Contornos de la Tríada Básica”. En Vázquez Barquero, A. y Madorey, O. (ed.) *Transformaciones Globales, Instituciones y Políticas de Desarrollo Local*. Homo Sapiens Ediciones, Buenos Aires.
- Álvarez, I. (2007). “Investigación, desarrollo e innovación”. En García, J. M. y Ruesga, S. (coord.) *Economía española. Estructura y regulación*, Thomson editores Spain, Madrid.
- Andersen, B. *Technological Change and the Evolution of Corporate Innovation. The Structure of Patenting, 1880-1990*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Archibugi, D. (1992). “Patenting as an Indicator of Technological Innovation: a Review”. *Science and Public Policy*, vol. 19, no. 6.
- Arrow, K. (2000). “Observations on Social Capital”. En Dasgupta, P., Serageldin, I. (ed.) *Social Capital. A Multifaceted Perspective*, The World Bank, Washington.
- Barabasi, A. y Albert, H. (1999). “Emergence of Scaling in Random Networks”. *Science*, no. 286.
- Barabasi, A. L. (2002). *Linked. The New Science of Networks*. Perseus Publishing, Cambridge.
- Bearman, P., Moody, J. y Stovel, K. (2004). “Chains of Affection: The Structure of Adolescent Romantic and Sexual Networks”. *American Journal of Sociology*, vol. 110, no. 1.
- Becattini, G. (1988). “Alcune considerazioni sul concetto di distretto industriale”. Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona, Barcelona.
- Becattini, G. (1992). “El distrito industrial Marshalliano como concepto socioeconómico”. En Pyke, F.; Becattini, G. y Sengenberger, W. (ed.) *Los distritos industriales y las pequeñas empresas I. Distritos industriales y cooperación interempresarial en Italia*, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Madrid.
- Becattini, G. (2000). *Il bruco e la farfalla : Prato nel mondo che cambia, 1954-1993*, Le Monnier, Florencia.

- Ben-Ner, A. Y Putterman, L. (1999). "Reciprocity in a two part dictator game". *Mimeo*.
- Beraza, J. M. y Rodríguez, A. (2008). "El entorno español para la creación de nuevas empresas de base tecnológica: la actividad de I+D+i en España. Una comparación internacional". *Revista de Dirección y Administración de Empresas*. Número 15.
- Beugelsdijk, S. y Smulders, S. (2002). "Bridging and Bonding Social Capital: which type is good for economic growth?". Tilburg University, Tilburg.
- Birke, D. (2008). "The Economics of Networks: A survey of the Empirical Literature". Nottingham Business School; Occasional Paper Series.
- Blume, L. (2007). "Theoretical models of Social Networks". Conferencia presentada en: *Social Capital, Social Corporate Responsibility and Economic Development*, Università di Trento, Trento.
- Boschma, R. A. (2004). "Social Capital and Regional Development: an Empirical Analysis of the Third Italy". En Boschma, R. A., Kloosterman, R. (ed.), *Learning from clusters. A critical assessment*, Springer Verlag, Dordrecht.
- Bourdieu, P. (1986). "The Forms of Capital". En John G. Richardson (ed.), *Handbook of Theory and Research in the Sociology of Education*, Greenwood Press, New York.
- Breschi, S. y Lissoni, F. (2003). "Mobility and Social Networks: Localised Knowledge Spillovers Revisited". *Kites Working Papers*, 142.
- Brown, J. y Duguid, P. (1991). "Organizational Learning and Communities of Practice: Toward a Unified View of Working, Learning, and Innovation". *Organizational Science*, 2.
- Burks, S., Carpenter, J. y Verhoogen, E. (2000). "Playing the Roles in the Trust Game: the Golden Rule and Machiavellian Behavior". *Mimeo*.
- Burt, R. (2000). "The Network Structure of Social Sapital". *Research in Organizational Behavior*, vol. 22.
- Burt, R. (2004). "Structural Holes and Good Ideas". *American Journal of Sociology*, 110, 2.
- Callois, J. M. y Angeon, V. (2004). "On the Role of Social Capital on Local Economic Development. An Econometric Investigation on Rural Employment Areas in France". Artículo presentado en la Agricultural Economic Society Conference, 2004.

- Cantner, U., Dreßler, K. y Krüger, J. (2006). "Firm Survival in the German Automobile Industry". *Empirica*, 33.
- Cárdenas, J. C., Stranlund, J. y Willis, C. (2000). "Effectiveness of communication and regulation in local commons: some evidence from experiments in the field". *World Development*, vol. 28.
- Carpenter, J. (2002). "Measuring Social Capital: Adding Field Experimental Methods to the Analytical Toolbox". En Isham, J., Kelly, T., Ramaswamy, S. y Dirks, F. C. (ed.) *Social Capital and Economic Development: Well-Being in Developing Countries*, Edward Elgar Pub., Celtenham y Northampton.
- Coase, R. H. (1960). "The Problem of Social Cost". En *Journal of Law and Economics*, vol. 3.
- Coleman, J. (1990). *Foundations of Social Theory*, Harvard University Press, Cambridge.
- Cowan, R. y Jonard, N. (2008). "If the Alliance Fits...: Innovation and Network Dynamics". En Baum, J. y Rowley, T. (ed.), *Network Strategy: Advances in Strategic Management*. Oxford.
- Crowe, J. A. (2007). "In Search of a Happy Medium. How the Structure of Interorganizational Networks Influence Community Economic Development Strategies". *Social Networks*, 29.
- Dasgupta, P. (2002). "Social Capital and Economic Performance: Analytics". University of Cambridge y Beijer International Institute of Ecological Economics, Stockholm.
- De Ugarte, D. (2007a). *Breve historia del análisis de redes sociales*. http://deugarte.com/gomi/historia_del_analisis_de_redes_sociales.pdf.
- De Ugarte, D. (2007b). *El poder de las redes*. El Cobre Ediciones, Barcelona.
- Dei Ottati, G. (1995). *Tra mercato e comunità: aspetti concettuali e ricerche empiriche sul distretto industriale*. Franco Angeli, Milano.
- DiMaggio, P. (1994). *Culture and Economy*. En Smelser, N. y Swedberg, R. (ed.) *The Handbook of Economic Sociology*. Princeton University Press, New Jersey.
- Durlauf, S. N. (2002a). "The Empirics of Social Capital: Some Skeptical Thoughts". *The World Bank Publications*, Washington.
- Durlauf, S. N. (2002b). "On the Empirics of Social Capital". Department of Economics, University of Wisconsin.

- Durlauf, S. N. y Fafchamps, M. (2004). "Social Capital". *The Centre for The Study of African Economies Working Paper Series*, n. 214, The Berkeley Economic Press.
- Erdős, P. y Rényi, A. (1959). "On Random Graphs". *Publicationes Mathematicae*, no. 6.
- Euler, L. (1736). "Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis". *Commenrarii academiae scientiarum imperialis petropolitanae*, 8.
- Eurostat (2005). "European Innovation Scoreboard 2004".
http://www.insme.org/documents/Innovation_Scoreboard_2004_EN.pdf.
- Eurostat (2006). "Innovation Strengths and Weakness". European Trend Chart on Innovation.
- Farrell, H. y Knight, J. (2004). "Trust, Institutions and Institutional Change: Industrial Districts and the Social Capital Hypothesis". *Mimeo*.
- Fine, B. (2001). *Social Capital Versus Social Theory. Political Economy and Social Science at the Turn of the Millennium*, Routledge, Londres - New York.
- Fleming, L., King, C. y Juda, A. (2007). "Small Worlds and Regional Innovation". *Organization Science*, vol. 18.
- Fritsch, M. y Kauffeld-Monz, M. (2008). "The Impact of Network Structure on Knowledge Transfer: An Application of Social Network Analysis in the Context of Regional Innovation Networks". *Jena Economic Research Papers*, Jena.
- Fundación Cotec (2004). "El sistema español de innovación. Situación en 2004". *Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica*, Madrid.
- Fundación Cotec (2009). "Informe Cotec 2009". *Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica*, Madrid.
- Fundación Cotec (2010). "Informe Cotec 2010". *Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica*, Madrid.
- Fundación SEPI (2009). "Encuesta sobre estrategias empresariales. Las empresas industriales en 2008". Publicaciones de la Fundación SEPI, Madrid.
- Fukuyama, F. (1995). *Trust: the Social Virtues and the Creation of Prosperity*, The Free Press, New York.

- Fukuyama, F. (1999). "Social Capital and Civil Society". Artículo preparado para la *IMF Conference on Second Generation Reforms*, noviembre de 1999, IMF Institute and the Fiscal Affairs Department, Washington.
- Fukuyama, F. (2003). "Still Disenchanted? The Modernity of Postindustrial Capitalism". *CSES Working Paper Series*, no. 3, Center for the Study of Economy and Society, Cornell University, Ithaca, New York.
- Glaeser, E., Kallal, H., Scheinkman, J. and Shleifer, A. (1992). "Growth in Cities". *Journal of Political Economy*, vol. 100, no. 6.
- Grabher, G. (2006). Trading Routes, Bypasses, and Risky Intersections: Mapping the Travels of 'Networks' Between Economic Sociology and Economic Geography". *Progress in Human Geography*, 30, 2.
- Graf, H. (2007). "Gatekeepers in Regional Networks of Innovators". *Jena Economic Research Papers*.
- Granovetter, M. (1973). "The Strength of Weak Ties". *American Journal of Sociology*, vol. 78.
- Granovetter, M. (1985). "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness". *American Journal of Sociology*, 91, 3.
- Granovetter, M. (2005). "The Impact of Social Structure on Economic Outcomes". *Journal of Economic Perspectives*, vol. 19, no. 1.
- Griliches, Z. (1990). "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey". *Journal of Economic Literature*, vol. 28.
- Grootaert, C. (1998). "Social Capital: The Missing Link?". *The World Bank Social Capital Thematic Group*.
- Grootaert, C., Narayan, D., Nyhan Jones, V. y Woolcock, M. (2003). "Integrated Questionnaire for the Measurement of Social Capital". *The World Bank Social Capital Thematic Group*.
- Guiso, L., Sapienza, P., y Zingales, L. (2000). "The Role Of Social Capital In Financial Development". *NBER Working Paper Series*, no. 7563, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- Hanifan, L. J. (1916). "The Rural School Community Centre". *Annals of the American Academy of Political and Social Sciences*, n. 67.
- Hanneman, R. y Riddle, M. (2005). *Introduction to Social Network Methods*. University of California. <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>

- Hansen, M. (1999). "The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge across Organization Subunits". *Administrative Science Quarterly*, 44, 1.
- Harris, M. (1983). *Antropología cultural*. Alianza Editorial, Madrid.
- Helliwell, J., Putnam, R. (2000). "Economic Growth and Social Capital in Italy". En Dasgupta, P., Seragilden, I. (ed.), *Social Capital: A Multifaceted Perspective*, World Bank, Washington.
- Hogset, H. (2005). "Social Networks and Technology Adoption". *BASIS Policy Brief*, no. 6, Basis Collaborative Research Support Program, Cornell University, Ithaca, New York.
- Karlan, D. (2005). "Using Experimental Economics to Measure Social Capital and Predict Financial Decisions". *Department of Economics, Princeton University*, Princeton.
- Kliksberg, B. y Tomassini, L. (ed.) (2000). *Capital social y cultura: claves estratégicas para el desarrollo*, Banco interamericano de desarrollo y Fondo de cultura económica, Buenos Aires.
- Knack, S. y Keefer, P. (1997). "Does Social Capital Have An Economic Payoff? A Cross Country Investigation". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 112/4.
- Kohler, H., Behrman, J. y Watkins, S. (2007). "Social Networks and HIV/AIDS Risk Perceptions". *Demography*, 44.
- Krishna, A. y Uphoff, N. (1999). "Mapping and Measuring Social Capital: A Conceptual and Empirical Study of Collective Action for Conserving and Developing Watersheds in Rajasthan, India". *The World Bank Working Papers*, Washington.
- La Porta, R., Lopez-de-Silanes, F., Shleifer, A. y Vishny, R. W. (1996). "Trust in Large Organizations". *NBER Working Paper*, no. 5864.
- Lin, N. (2005). "A Network Theory of Social Capital". En Castiglione, D.; Van Deth, J. y Wolleb, G. (ed.) *Handbook on Social Capital*, Oxford University Press, Oxford.
- Marshall, M. P. y Marshall, A. (1997) [1879]. *The Economics of Industry*, Overston Press, London.
- Marshall, A. (1957) [1890]. *Principios de economía*, Aguilar, Madrid.

- Miguel, E. (2002). "Comment on Social Capital and Growth". *Journal of Monetary Economics*, vol. 50.
- Molero, J. (2007). "Informe crítico sobre la innovación tecnológica en la economía española: abriendo la caja mágica". *Revista Madri+d*.
- Molero, J. (2009). "Innovación y cambio tecnológico". En García Delgado, J. L. y Myro, R. (dir.) *Lecciones de economía española*. Civitas ediciones, Madrid.
- Molina, J. L. (2001). *El análisis de redes sociales. Una introducción*. Edicions Bellaterra, Barcelona
- Monge, M., Hartwich, F. y Halgin, D. (2008). "How Change Agents and Social Capital Influence the Adoption of Innovations among Small Farmers. Evidence from Social Networks in Rural Bolivia". *International Food Policy Research Institute*, Washington.
- Moya, F. y Gros, B. (2010). "Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica de Cataluña". Scimago.
- Narayan, D. y Cassidy, M. F. (2001). "A Dimensional Approach to Measuring Social Capital: Development and Validation of a Social Capital Inventory". *Current Sociology*, vol. 49, 2.
- Narayan, D. y Pritchett, L. (2000). "Social Capital: Evidence and Implications". *The World Bank Publications*, Washington.
- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- National Science Foundation (2008). "Science and Engineering Indicators 2008".
- OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2008). "Main Science & Technology Indicators". Vol. 2008/2.
- OMPI Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (2009). "Clasificación internacional de patentes. Guía". Web: http://cip.oepm.es/pdf/GUIA_2009.pdf
- Ortiz-Villajos, J. M. (1999). *Tecnología y desarrollo económico en la historia contemporánea. Estudio de las patentes registradas en España entre 1882 y 1935*. Oficina Española de Patentes y Marcas, Madrid.
- Owen-Smith, J. y Powell, W. (2004). "Knowledge Networks as Channels and Conduits: The Effects of Spillovers in the Boston Biotechnology Community". *Organization Science*, vol. 15.

- Paldam, M. (2000). "Social Capital: One Or Many? Definition And Measurement". *Journal of Economic Surveys*, vol. 14, 5.
- Pérez, F. (dir.) (2005). *La medición del capital social. Una aproximación económica*. Fundación BBVA, Madrid.
- Portes, A. y Landolt, P. (1996). "The Downside of Social Capital". *The American Prospect*, vol. 26.
- Poulsen, A. y Svendsen, G. T. (2003). "Rise and Decline of Social Capital. Excess Cooperation in the One-Shot Prisoner's Dilemma Game". Department of Economics, Aarhus School of Business Working paper, octubre 2003.
- Priore, J. M. y Sabel F., C. (1990). *La segunda ruptura industrial*, Alianza Editorial, Madrid.
- Putnam, R. (1993). *Making Democracy Work. Civic Traditions in Modern Italy*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Putnam, R. (2002). *Solo en la bolera. Colapso y resurgimiento de la comunidad norteamericana*, Galaxia Gutenberg, Círculo de lectores, Barcelona.
- Putnam, R. (ed.) (2003). *El declive del capital social. Un estudio internacional sobre las sociedades y el sentido comunitario*, Galaxia Gutenberg, Círculo de lectores, Barcelona.
- Real Academia Española (2006). *Diccionario esencial de la lengua española*, Espasa Calpe, Madrid.
- Rist, G. (2000). "La cultura y el capital social: ¿cómplices o víctimas del desarrollo?". En Kliksberg, B. y Tomassini, L. (ed.), *Capital social y cultura: claves estratégicas para el desarrollo*, Banco interamericano de desarrollo y Fondo de cultura económica, Buenos Aires.
- Rodríguez, A. (2006). "Desarrollo Económico Territorial Endógeno. Teoría y aplicación al caso uruguayo". Instituto de economía. Serie de Documentos de Trabajo, Montevideo.
- Routledge R., B. y Von Amberg, J. (2002). "Social Capital and Growth". Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy.
- Sabatini, F. (2005). "Social Capital as Social Networks. A New Framework for Measurement". *Sapienza University of Rome*, Department of Public Economics, Working paper no. 83.

- Sabatini, F. (2006). "The Empirics of Social Capital and Economic Development: A Critical Perspective". *Fondazione Eni Enrico Mattei*.
- Sanz Menéndez, L. (2003). "Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes". *Unidad de políticas comparadas (CSIC)*. Documento de trabajo.
- Saxenian, A. (1994). *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press. Cambridge y Londres.
- Schilling, M. A. y Phelps, C. C. (2007). "Interfirm Collaboration Networks: The Impact of Small World Connectivity on Firm Innovation". *Management Science*, vol. 53, no. 7.
- Shepherd, W. G. (1979). *The Economics of Industrial Organization*. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Scholz, J. y Wang, C. (2003). "Cooptation or Transformation? Local Policy Networks and Federal Regulatory Enforcement". *Midwest Political Science Conference*, Chicago.
- Singh, J. (2003). "Social Networks as Drivers of Knowledge Diffusion". *Harvard University*, Mimeo.
- Solow, R. (1995). "But Verify". *The New Republic* (11 de septiembre).
- Solow, R. (2000). "Notes on Social Capital and Economic Performance". En Dasgupta, P. y Serageldin, I. (ed.) *Social Capital. A Multifaceted Perspective*, The World Bank, Washington.
- Stolle, D. y Rochon, T.R. (1998). "Are all associations alike? Member diversity, associational type, and the creation of social capital". *American Behavioral Scientist*, vol. 42.
- Stone, W. (2001). "Measuring Social Capital". *Australian Institute of Family Studies*, Research Paper, no. 24/2001, Melbourne.
- Stone, T. (2003). "The Role of Social Networks in Economic Development". Conferencia presentada en *Goethe Institute International Symposium*, Bucharest.
- Tamames, R. y Gallego, S. (2006). *Diccionario de economía y finanzas*, Alianza Editorial, Madrid.
- Temple, J. y Johnson, P. (1998). "Social Capability and Economic Growth". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113.

- Ter Wal, A. (2008). "Cluster Emergence and Network Evolution: A Longitudinal Analysis of the Inventor Network in Sophia-Antipolis". Working paper: Urban and Regional Research Centre (URU) - Section of Economic Geography Utrecht University, Utrecht.
- Ter Wal, A. L. J y Boschma, R. A. (2007). "Applying Social Network Analysis in Economic Geography: Framing Some Key Analytic Issues". Utrecht University, Department of Economic Geography, Working Paper.
- Trigilia, C. (2001). "Social Capital and Local Development". *European Journal of Social Theory*, vol. 4.
- UIT (2010). "Medición de la sociedad de la información". Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra.
- Uzzi, B. y Spiro, J. (2005). "Collaboration and Creativity: The Small World Problem". *AJS*, vol. 111 n. 2.
- Uzzi, B. (2008). "A Social Network's Changing Statistical Properties and the Quality of Human Innovation". *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*; 41.
- Valladao, A. (2000). "Capital social y poder". En Kliksberg, B. y Tomassini, L. (ed.), *Capital social y cultura: claves estratégicas para el desarrollo*, Banco interamericano de desarrollo y Fondo de cultura económica, Buenos Aires.
- Vázquez, A. (2001). "Desarrollo endógeno y globalización". En Madoery, O. y Vázquez, A. (ed.), *Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local*, Homo Sapiens, Rosario.
- Wasserman, S. y Faust, K. (1994). *Social Network Analysis. Methods and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Watts, D. (1999). "Networks, Dynamics and the Small World Phenomenon". En *American Journal of Sociology*, vol. 105, no.2.
- Watts, D. (2006). *Seis grados de separación. La ciencia de las redes en la era del acceso*. Paidós, Barcelona.
- Watts, D. y Strogatz, S. (1998). "Collective Dynamics of 'Small-World' Networks". *Nature*, vol. 398.
- Williamson, O. (1991). "Economic Institutions: Spontaneous and Intentional Governance". *Journal of Law, Economics, & Organization*, vol. 7.
- Woolcock, M. y Narayan, D. (2000). "Social Capital: Implications for Development Theory". *The World Bank Research Observer*, no. 15.

EMV: Encuesta mundial de valores (2005). *1999-2002 World Values Survey Questionnaire*, <http://www.worldvaluessurvey.org>.

Zak, P. J. y Knack, S. (2001). "Trust and Growth". *The Economic Journal*, vol. 111.