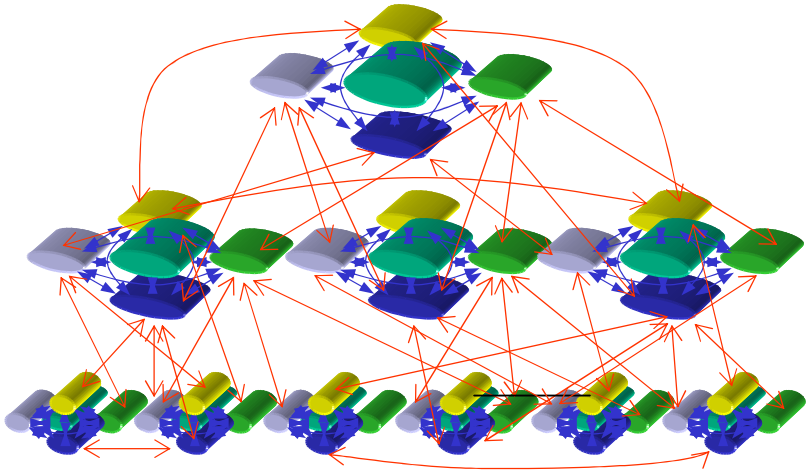
"Análisis y medición de las interacciones en los Sistemas Regionales de Innovación. Su relación con la trayectoria histórica y tecnológica de las regiones"

Memoria del Proyecto de Investigación
para la obtención de la
Suficiencia Investigadora y el Diploma de Estudios Avanzados (DEA)
del Programa de Doctorado de Proyectos de Ingeniería e Innovación.
Departamento de Proyectos de Ingeniería
Universidad Politécnica de Valencia



Director: Ignacio Fernández de Lucio

Jon Mikel Zabala Iturriagagoitia
INGENIO (CSIC-UPV), Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n. 46022, Valencia
Home page: http://www.ingenio.upv.es
e-mail: jonzait@ingenio.upv.es
8 Julio de 2004

Índice

0.- Abstract 1

1.- Introducción 2

2.- Estado del arte 6

2.1 Marco Conceptual: Necesidad de medir Interacciones 8

2.1.1 Dependencia de la trayectoria histórica y tecnológica 12

2.1.2 Construcción de nuevas medidas - indicadores 22

2.1.3 Innovation Networks 23

2.2 Marco Empírico:Estado del arte en Innovation Networks 29

2.2.1 Indicadores relativos a Innovation Networks 29

2.2.2 Innovation Networks Simulation 34

2.2.3 Complejidad de las interacciones en los Sistemas de Innovación 35

3.- Desarrollo de la investigación 38

3.1 Objetivo de la Investigación 38

3.1.1 Hipótesis planteadas 39

3.1.2 Preguntas formuladas 40

3.2 Programa de trabajo y Metodología a seguir 41

3.3 Principales resultados esperados 52

4.- Conclusiones 57

5.- Bibliografía 59

Agradecimientos

No me resulta nada sencillo escribir estas palabras, más aún cuando esta actividad encarna una de mis principales debilidades, y a la que junto con otras tantas actividades debo prestar más atención. Sin embargo, sinceramente, escribo estas palabras desde la felicidad del trabajo realizado.

Dentro de unos días, se cumplirá un año desde la primera vez que entré en Ingenio, algunos meses más desde que llegué a Valencia, sin tener muy clara la idea de por qué había decidido hacer un doctorado, venir a Valencia, y dejarlo todo por algo en lo que no veía nada.

Sinceramente, jamás esperé que fuera a encontrarme con lo que ahora me rodea, ni que en poco más de un año pudiera conseguir la suficiencia investigadora, y encaminar mi tesis. No podía creer que me encontraría con tanto de lo que aprender, y tantas personas con las que compartir todo aquello que uno esté en disposición de entregar.

Es por ello, por lo que me gustaría dar las gracias a mi familia en primer lugar por ser los artífices de mi decisión, a toda esa gente de la cuadrilla por no olvidarse de mi a pesar de la distancia y mostrarme cada día todo su cariño (no sabéis lo feliz que me hacéis) y al cuento que un hada me quiso regalar, y que me ayuda a luchar día a día por objetivos desconocidos, con la única meta de la felicidad.

En segundo lugar, quisiera agradecer y al mismo tiempo preguntar a Ignacio Fernández de Lucio, qué es lo que vio en mi para darme tanto apoyo y afecto, a Antonio Gutiérrez Gracia y Fernando Jiménez Sáez por todas las lecciones que me transmiten cada día, y la admiración que los tres despiertan en mi.

A lo anterior, solamente me gustaría añadir que espero que todos aquellos que me conocéis y a quienes os tengo muy presentes a diario, me queráis como yo os quiero a vosotros, aparezcáis en mi vida para no iros jamás, y sepáis guiarme en el camino iniciado, y en cuyo comienzo me encuentro, ya que sin vosotros nada en mi vida tiene sentido.

0.- Abstract

La conceptualización de los Sistemas Regionales de Innovación (Cooke y Morgan, 1993; Autio et al., 2004) puede ser considerada como una extensión y/o adaptación del concepto de los Sistemas Nacionales de Innovación surgidos a partir de los trabajos de Freeman (1987), Nelson (ed., 1993) y Lundvall (ed., 1992) y en el consiguiente desarrollo de Edquist (ed., 1997), consistente en analizar la existencia de los actores o agentes (instituciones, clusters, universidades, industrias…), las competencias o características regionales, y las interacciones que a modo de Redes de Innovación (Innovation Networks) se producen entre ellos, dotando de este modo a las autoridades regionales de una herramienta para la definición de políticas para incrementar su competitividad.

En este contexto, las prácticas de cooperación a través de la interacción de los diferentes agentes de los Sistemas de Innovación, adquieren singular importancia. Sin embargo, la bibliografía existente sobre el tema es escasa, en especial en referencia a aquellos aspectos encaminados a su medición. Es este vacío el que motiva la presente investigación la cual se plantea como objetivo la definición de una metodología que permita abordar la medición de las interacciones entre los agentes que constituyen un Sistema de Innovación.

Con la realización de la presente investigación se espera contribuir con un modelo y una serie de métricas que permitan ayudar a cuantificar y a cualificar las interacciones que se producen entre los agentes que constituyen un Sistema de Innovación, y en la medida de los posible, determinar la dependencia que éstas tienen del territorio en el que se desarrollan, es decir, de la trayectoria histórica y tecnológica del mismo.

1.- Introducción

Los Sistemas de Innovación (Freeman, 1987; Lundvall ed., 1992; Nelson y Rosenberg, 1993; Freeman, 1995; Edquist ed., 1997) constituyen un marco de análisis mediante el cual se pretende conocer la estructura económica y social de un determinado territorio, fundamentándose en gran medida en la teoría del aprendizaje interactivo (Lundvall ed., 1992), la cual se centra sobre las relaciones existentes entre los diversos agentes que constituyen un Sistema de Innovación. Dicho enfoque, pretende analizar la existencia de los actores o agentes existentes en un determinado territorio (nación o estado, región, etc.) tales como instituciones gubernamentales, clusters, universidades, industrias, etc., las competencias que éstas poseen, y las interacciones que se producen entre ellas por medio de Redes de Innovación, aportando de este modo a las autoridades (nacionales, regionales o locales) una herramienta que facilite la definición de políticas más eficientes.

Una primera aproximación en la que se muestran y se ponen de manifiesto las relaciones y los flujos entre los agentes que constituyen un Sistema de Innovación, es la realizada por el conjunto de trabajos de Scherer, (1982), Pavitt (1984), Archibugi (1988), DeBresson (ed., 1996) y Galli y Teubal (1997). Uno de los trabajos más relevantes en esta área, es el aportado por Andersen (1992, 1996), quien de modo incipiente hace uso de la "teoría de grafos" y de modelos de simulación en los Sistemas de Innovación (Andersen y Lundvall, 1997).

Recientemente, es posible encontrar diversos proyectos de investigación en los que se estudian las relaciones que se establecen entre los agentes de los Sistemas de Innovación (European Planning Studies, Vol. 8, Not. 4, 2000). Además, se han creado diversos modelos de simulación para tratar de medir las características de los Sistemas de Innovación en diferentes entornos (Simulating Self-Organizing Innovation Networks" -SEIN-).

Hay una creciente necesidad de elaborar medidas que permitan predecir los cambios en la capacidad de innovación regional, más allá de los empleados en el modelo lineal (Smith, 1995). Del mismo modo, también se han identificado necesidades a la hora de medir otros procesos afines a las relaciones institucionales y la creación de redes, con el fin de evaluar las Políticas de Innovación implantadas (Saviotti, 1997; Archibugi, Howells y Michie, eds., 1999; Zenker, 2001; Landabaso, Oughton, Morgan, 2001), lo cual queda demostrado por el hecho de que se están definiendo múltiples políticas que tratan de fomentar el desarrollo de actitudes y de valores innovadores, como los RIS, RTP, RITTS, etc.

La creciente cantidad de estudios basados en el marco de los Sistemas de Innovación indica que la creación de condiciones que favorezcan la innovación se ha convertido en un elemento central del diseño de políticas, de los procesos de aprendizaje derivados de la propia experiencia, así como de las experiencias realizadas por otros países en la organización y el desarrollo de sus Sistemas de Innovación, a los cuales se considera como un importante input para el diseño de las Políticas de Innovación (Balzat y Hanusch 2003).

Las Políticas de Innovación, por su parte, solo pueden ser analizadas observando las interacciones que se producen entre los diversos tipos de sistemas a lo largo del tiempo (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003). Los sistemas se desarrollan siguiendo diferentes trayectorias históricas y tecnológicas, por lo que resulta necesario el análisis de su dinámica y de sus interacciones, para poder comprender y definir con mayor precisión la evolución de los Sistemas de Innovación y los cambios producidos en el diseño e implementación de las Políticas de Innovación.

A esta evolución del sistema se le conoce como dependencia de la trayectoria histórica, o path – dependent (Porter, 1990; den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995; Carlsson y Jacobson, 1997; Edquist ed., 1997).

Tanto desde esta vertiente de la dependencia de la trayectoria histórica y tecnológica, como desde el punto de vista del análisis dinámico de los sistemas y la medición de las interacciones, la teoría de la complejidad puede ofrecer una línea de investigación alternativa que tratará de abordarse a lo largo de la investigación.

Por su parte, y debido a la gran dificultad que la adquisición de datos reales puede suponer en el análisis dinámico de redes, se considera a la creación de modelos de simulación como un recurso de interés a emplear a lo largo de la investigación y del cual se podrán extraer resultados y conclusiones en base a las observaciones reales de los Sistemas de Innovación estudiados.

De modo global, los principales pilares sobre los cuales se sustenta la investigación, los cuales se detallarán a lo largo del documento, son los siguientes:

- Sistemas de Innovación
- Interacciones entre agentes
- Modelos de Simulación
- Dependencia de la trayectoria histórica y tecnológica de los territorios

En el segundo de los capítulos del documento, se realiza una revisión del estado del arte, en la que se analizan no solo las características del enfoque de los Sistemas de Innovación desde una perspectiva teórica, sino también la literatura referente a Redes de Innovación, así como algunos de los trabajos realizados con un enfoque ciertamente más empírico.

En el mismo capítulo, se expone un análisis realizado en dos Sistemas Sectoriales de Innovación, tratando de mostrar el efecto que la trayectoria tecnológica seguida por cada un de ellos tiene sobre el comportamiento de las interacciones desarrolladas con otros Sistemas de Innovación, y con los agentes que los constituyen.

Del mismo modo, a lo largo del este se ponen de manifiesto ciertas lagunas aportadas por la literatura referente a los Sistemas de Innovación, algunas de las cuales se abordarán a lo largo de la investigación.

En el tercer capítulo, se definen los principales objetivos que esta investigación, encaminada a la elaboración de una tesis doctoral, pretende satisfacer, así como las hipótesis y preguntas formuladas para su desarrollo. Junto con ello, se indica el programa de trabajo definido, comentando sus principales actividades. Por último, se exponen también los resultados esperados de la investigación y la metodología a seguir para su consecución.

Finalmente, se muestran algunas de las conclusiones del proyecto de investigación, el cual no solo ha tratado de exponer de modo incipiente algunos de los resultados que se esperan obtener tras la conclusión de la tesis, sino que también ha servido para clarificar su proceso de elaboración.

2.- Estado del arte

El enfoque de los Sistemas de Innovación (Freeman, 1987; Lundvall ed., 1992; Nelson y Rosenberg, 1993; Freeman, 1995; Edquist ed., 1997) está principalmente basado sobre la teoría del aprendizaje interactivo (Lundvall ed., 1992), la cual hace especial hincapié sobre las relaciones existentes entre los diversos agentes que producen innovaciones. Dicho enfoque, pretende analizar la existencia de los actores o agentes de un determinado territorio (nación o estado, región, etc.) tales como las instituciones gubernamentales, clusters, universidades, industrias, etc., las competencias que éstos poseen, y las interacciones que se producen entre ellos por medio de Redes de Innovación o Innovation Networks, dotando a las autoridades (nacionales, regionales o locales) de una herramienta que facilite la definición de políticas más eficientes.

A lo largo de este capítulo, se abordará la evolución que el estudio del enfoque de los Sistemas de Innovación ha llevado a lo largo de las últimas décadas, aportando tanto conocimientos y definiciones que ayuden a su comprensión, como justificando la necesidad de desarrollar una investigación que permita analizar y medir las interacciones y que conlleve un estudio más exhaustivo sobre Innovation Networks, y la dependencia que tanto éstas como el comportamiento de los sistemas tienen de la trayectoria histórica del territorio (nación, pueblo, territorio, etc.) objeto de análisis.

A modo introductorio, se pueden diferenciar tres esenciales líneas de actuación en las que se han desarrollado los Sistemas de Innovación (Balzat y Hanusch, 2003):

- Estudios basados en Políticas de Innovación, comparando las características de diferentes Sistemas de Innovación por medio de análisis de Benchmarking;
- Estudios que pretenden formalizar el concepto de los Sistemas Nacionales de Innovación a través de modelos descriptivos o analíticos;
- Estudios sobre los Sistemas Nacionales y/o Regionales de Innovación de determinados países y/o regiones.

Sin embargo, aún hay un amplio campo a abordar en los Sistemas de Innovación, pudiéndose al menos citar tres posibles áreas objeto de estudio (Balzat y Hanusch, 2003):

- En primer lugar, se requiere de una combinación más explícita entre el concepto de Sistemas Nacionales de Innovación y el crecimiento económico.
- En segundo lugar, la relación existente entre el Sistema de Innovación de un determinado país y el resto de los subsistemas (mercado de trabajo, sistemas financieros, etc.) está lejos de ser abordada de modo exhaustivo. Esta limitación es aún más relevante, al tratarse los Sistemas de Innovación de sistemas abiertos, y en los que su fortaleza depende entre otros, de su relación con varios sub-segmentos de la economía.
- Por ultimo, debe mencionarse el limitado conocimiento que se dispone de las propiedades dinámicas de los Sistemas de Innovación, especialmente en lo que concierne a su estabilidad y evolución estructural. Tal vez desde una perspectiva metodológica, podría resultar de interés la construcción de modelos de simulación.

A lo largo de este capítulo podrá observarse como tanto los objetivos que se plantean en el desarrollo de la investigación, como las líneas de actuación a desarrollar en la misma, son acordes a las principales líneas de investigación que están siendo analizadas en el marco de los Sistemas de Innovación.

2.1 Marco Conceptual: Necesidad de medir Interacciones

En la bibliografía existente a este respecto, se pueden encontrar diversas definiciones sobre el concepto de los Sistemas de Innovación:

> "network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies" (Freeman, 1987).

> "a number of elements and the relationships between these elements… which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful knowledge…" (Lundvall ed., 1992).

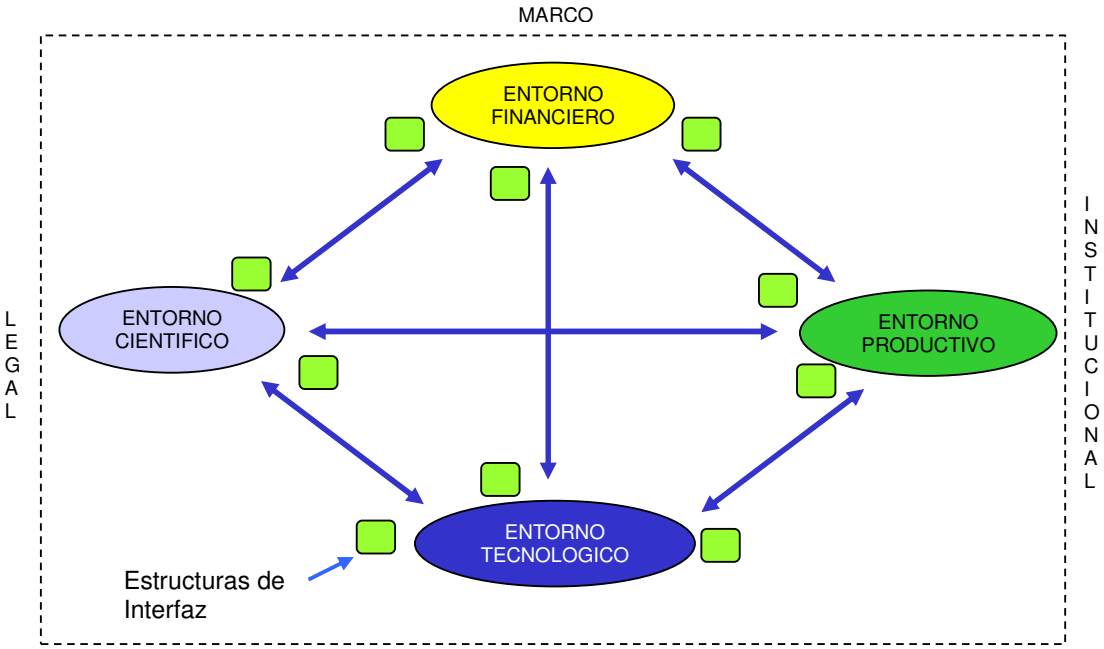
> "The National Systems of Innovation are constituted by "interconnected agents" that interact influencing on the execution of the innovation in the national economy. These interactions occur into a specific context and under certain shared norms, routines and established practices." (Nelson y Rosenberg, 1993).

> "way of encompassing these numerous facets (of the relationship between technology, trade and growth) so as to suggest that the performance of national economies depends on the manner in which organizational and institutional arrangements and linkages conducive to innovation and growth have been to thrive in different countries." (Chesnais, 1995).

> "specialized cluster of firms supported by a developed infrastructure of supplier firms and regional knowledge and technology diffusion organisations, which tailor their services to the specific need of the dominating regional industry" (Asheim e Isaksen, 1997).

En base a las anteriores definiciones, es posible concluir que un Sistema de Innovación, es un sistema abierto, dinámico y social (Lundvall ed., 1992), como consecuencia de las interacciones que se producen no solo entre los agentes socio-económicos que lo constituyen, sino también a las debidas al sistema en su conjunto, con el entorno que lo rodea (den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995).

Fig.1: Modelo de Sistema de Innovación



Fuente: Fernández de Lucio y Castro (1995).

Las empresas, como principales agentes que participan en el desarrollo de innovaciones, ya que una innovación para que sea considerada como tal debe tener éxito en el mercado (Schumpeter, 1939), raramente innovan de modo aislado debido a la cantidad de factores y de agentes que influyen en los procesos de innovación. De este modo, los agentes interactúan para fomentar, desarrollar e intercambiar diversos tipos de conocimiento, información, experiencias y otro tipo de recursos (Lundvall ed., 1992; Edquist ed., 1997).

A pesar de que la mayor parte de las definiciones consideran a las interacciones como uno de los principales elementos de los Sistemas de Innovación, los modelos creados en este marco podrían ser mejorados en su representación del sistema (Ver Fig.1), no solo debido a las interacciones entre los agentes socio-económicos que los constituyen, sino también debido a las interacciones entre el sistema objeto de análisis y el resto de los Sistemas de Innovación con los cuales se relacione o de los que se pueda ver influido. A saber, las interacciones del sistema en su conjunto con el entorno que lo rodea (North, 1994; den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995; Galli y Teubal, 1997).

Para Niosi y Bellon (1994) quienes han desarrollado la noción de "Sistema Nacional de Innovación Abierto" todos los Sistemas de Innovación son abiertos, aunque con diferentes grados de apertura, y las relaciones entre los Sistemas de Innovación y sus dinámicas son claves para poder comprender sus características. A lo anterior añaden la convivencia de tres tipos de Sistemas de Innovación, como el regional, el nacional y el internacional. Así, a pesar de que los procesos de internacionalización sean crecientes, ello no conlleva la desaparición de los sistemas y las redes locales, aunque sus dinámicas se vean modificadas (Niosi, J. y Bellon, B., 1994; Caracostas, P. y Soete, L., 1997). (Ver Capítulo 3.3)

De entre estos modelos, Lundvall (ed., 1992) clasifica a los agentes que constituyen un Sistema de Innovación en algunos conjuntos, siendo los más relevantes:

- La organización interna de las empresas,
- Las relaciones intra-empresariales,
- El papel desempeñado por el sector público,
- La función institucional del sector financiero,
- La intensidad y la organización de la I+D.

A pesar de esta clasificación inicial, ciertos actores como las empresas (proveedores, clientes, competidores, etc.), universidades, centros de investigación, bancos, escuelas, institutos, ministerios de gobierno, estructuras intermedias o de interfaz (EDI), etc. podrían también ser incluidos o considerados (North, 1994; Fernández de Lucio y Castro, 1995; den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995; Edquist ed., 1997; Galli y Teubal, 1997; Cooke et al., 2000).

Conjuntamente con el enfoque de Sistemas de Innovación (nacional, regional, local), en el cual se enmarca el presente trabajo de investigación, algunas otras aproximaciones o enfoques como los "Sistemas de Innovación Sectorial" (Breschi y Malerba, 1997), "Sistemas Tecnológicos" (Carlsson y Stankiewicz, 1991), "Sistemas de Investigación en Transición" (Cozzens et al. eds., 1990; Zyman, 1994), el "Sistema de Investigación Post Modernista" (Rip y VanderMeulen, 1996), y el modelo alternativo para el estudio de la fortaleza del Sistema de Innovación desarrollado por Chang y Shih (2004), pueden entre otros ser considerados.

Los anteriores modelos, consideran a los aspectos relacionados con las interacciones, como una de las características centrales en las que se fundamentan los Sistemas de Innovación (Edquist ed., 1997).

Por el contrario, y como ha sido comentado con anterioridad, los modelos citados consiguen arduamente reflejar y medir las interacciones. De este modo, podríamos decir que a pesar de que un Sistema de Innovación existe en la realidad debido a que se conoce que se producen interacciones en el mismo, en tanto en cuanto los modelos creados con el fin de reflejar el comportamiento del sistema no permitan representar y conocer su dinámica y la de sus interacciones, el concepto de "Sistema" perdería todo su significado y podría resultar banal (Archibugi, Howells y Michie eds., 1999; Kautonen, 2000).

A pesar de que la actividad innovadora esté principalmente basada en el territorio (Asheim e Isaksen, 2000; Olazaran y Gomez Uranga eds., 2000), debido al cambio que se está produciendo en el entorno socio-económico global, las interacciones entre diferentes regiones y países se están convirtiendo en un proceso de creciente normalidad. Debido a ello, los modelos creados para reflejar el comportamiento de los Sistemas de Innovación, podrían ser modificados o mejorados, no solo para poder representar correctamente dichas interacciones, sino también para considerar y reflejar la apertura y la dinámica de los Sistemas de Innovación.

Es por ello, por lo que la construcción de un modelo que considere la relevancia de las interacciones en los Sistemas de Innovación, que permita comprender su comportamiento dinámico y la dependencia que éstos tienen de su trayectoria histórica y tecnológica, constituye uno de los principales objetivos y pilares de la presente investigación. (Ver Capítulo 3.3)

El hecho de que éstos y otros aspectos no hayan sido estudiados con la suficiente profundidad, muestra la relativa juventud del enfoque de los Sistemas de Innovación, así como la dificultad que conlleva la medición y el estudio de los flujos de innovación y de sus interacciones en un contexto tan dinámico y cambiante como el actual.

Como indicó Charles Edquist (ed., 1997), "…we simply do not know enough about these relations. It is important to be able to capture these interdependencies in empirical works – which includes the development of concepts and indicators - that relate elements to each other. This is needed for the development of a more sophisticated systemic and interactive view of innovation processes".

2.1.1 Dependencia de la trayectoria histórica y tecnológica

Debido a que las interacciones adquieren una creciente relevancia en la definición de un sistema abierto y dinámico (Saviotti, 1997) como lo son los Sistemas de Innovación, su medida y la comprensión de su dependencia respecto a la trayectoria histórica y tecnológica seguida, requiere de una investigación y de un análisis más detallados. (Archibugi, Howells y Michie eds., 1999; Kautonen, 2000; Tappi, 2003).

Al realizar comparaciones internacionales entre Sistemas de Innovación (Nelson, ed., 1993), la heterogeneidad de su estructura se considera de modo marginal, ya que en ellas se describen las estructuras organizativas e institucionales que se han ido desarrollando históricamente (Balzat y Hanusch, 2003).

Por su parte, en la realización de estudios de Benchmarking entre diversos Sistemas de Innovación, haciendo uso de una cantidad relativamente baja de indicadores referentes a la actividad innovadora, se pretenden identificar aquellas "best-practices" de los países objeto de estudio, para a partir de ellos, derivar una serie de recomendaciones políticas (Balzat y Hanusch, 2003). La optimización de las Políticas de Innovación, de este modo se está convirtiendo de modo creciente en dependiente de la evolución del Sistema de Innovación y de la base de conocimientos existente, es decir de las interacciones que se producen entre sistemas en el tiempo (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003).

El enfoque aportado por los Sistemas de Innovación, permite conocer las oportunidades y las debilidades o limitaciones de las políticas implantadas y de aquellas que se quieran establecer por parte de los gobiernos.

Los sistemas se desarrollan siguiendo diferentes trayectorias, pero cuando un sistema evoluciona, es legítimo preguntarse en qué medida su estado en un momento t, es dependiente del estado del observado en un momento anterior t-1. Esta relación sin embargo también puede plantearse desde otra vertiente, por lo que es posible indagar en qué medida el estado de un sistema en un momento t influye sobre su futuro estado en un momento t+1. Es por ello por lo que el análisis de la dinámica de los sistemas, y por lo tanto de sus interacciones, resulta necesario, para poder comprender y definir con mayor precisión, no solo la evolución de los Sistemas de Innovación, sino también los cambios acaecidos en las Políticas de Innovación.

A esta evolución del sistema se le conoce como dependencia de la trayectoria histórica, o path – dependent (Porter, 1990; den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995; Carlsson y Jacobson, 1997; Edquist ed., 1997), ya que una vez que un territorio ha escogido una trayectoria determinada, su evolución depende de la opción elegida. En esta vertiente, y como se detallará con mayor precisión, la Teoría de la Complejidad puede ofrecer una interesante alternativa de estudio de cara a la dinámica de los Sistemas de Innovación.

Por tanto, en aquellos casos en los que se pretenda analizar los sectores que constituyen un mismo Sistema Nacional o Regional de Innovación, deberá ser la trayectoria tecnológica de los mismos la que pueda influir sobre el comportamiento de interacción, debido a la homogeneidad en la historia de un mismo territorio. En el caso de que se desee analizar, como es el caso de esta tesis (Ver Capítulo 3.3.) el comportamiento que un mismo sector adquiere en varias regiones o países, será la trayectoria histórica de dichos territorios la que pueda afectar al comportamiento de sus Sistemas de Innovación, ya que la trayectoria tecnológica sería homogénea. Si por el contrario, lo que se pretende es comparar, como por ejemplo ocurre en los estudios de Benchmarking, varios Sistemas Nacionales o Regionales de Innovación, deberán considerarse los efectos que tanto la trayectoria histórica como la tecnológica hayan tenido sobre los mismos.

Ellinor Ehrnberg y Staffan Jacobsson (1997) realizan un estudio analítico en el que ilustran la importancia que la dimensión especial tiene en el caso de Ericsson, ya que la mayor parte de sus relaciones estratégicas se producían a escala local. Además de ello plantean las razones por las que la distancia geográfica resulta ser tan crucial de cara a las interacciones, con las consiguientes consecuencias que la localización de las industrias pueda tener de cara a su futuro.

En la misma línea, se pueden encontrar otras evidencias empíricas en las que se muestra cómo las empresas y sus actividades innovadoras tienden a producirse en clusters industriales localizados, lo cual acarrea la especialización tecnológica de ciertas áreas industriales. Ejemplos de ello son los aportados por Enright (1994) acerca de la industria cinematográfica en Hollywood, la industria del automóvil en Detroit, la industria electrónica en Silicon Valley, las computadoras en la Ruta 128, la industria cerámica italiana, los robots japonenses, y las industrias electrónica, textil y del automóvil en las regiones de Estocolmo, Boras y Goteborg respectivamente.

Las ventajas de la proximidad geográfica conllevan una convergencia en la trayectoria histórica (path-dependent) de las regiones. Es por ello por lo que los eventos más recientes en la historia de una región (nación) pueden tener efectos directos sobre su futuro desarrollo, demostrándose con ello la influencia que la inercia de las regiones tiene sobre su evolución (Ehrnberg y Jacobsson, 1997).

Como consecuencia de esta inercia, el efecto que la emergencia de redes de interacción entre agentes puede tener sobre la evolución de su Sistema de Innovación puede resultar de interés. Es por ello, por lo que a lo largo de la tesis se prevé la realización de una comparación entre diversas regiones Europeas y sus correspondientes Sistemas de Innovación, para tratar así de obtener evidencia empírica del efecto que la path-dependence tiene sobre los Sistema de Innovación.

En este contexto, y a título ejemplificador de la dependencia que la interacción entre los agentes de un Sistema de Innovación tiene de la trayectoria tecnológica de los sectores, se procederá a mostrar la evolución y las características que la cooperación ha llevado en España en el período 1996-2002 en dos sectores, uno de Media Tecnología y otro de Alta Tecnología (Pavitt, 1984), como el de las Manufacturas Metálicas y la Química respectivamente, tanto desde el punto de vista del ámbito geográfico en el que se produce la cooperación, como desde la perspectiva de los agentes del Sistema de Innovación con los que se coopera.

Como se podrá observar a continuación, el Sistema Sectorial de Innovación de las Manufacturas Metálicas se caracteriza por el hecho de que sus interacciones, analizadas estas desde la perspectiva de la cooperación, se producen principalmente dentro del Sistema Nacional de Innovación, mientras que en el caso del Sistema Sectorial de Innovación Químico, las interacciones se producen en mayor medida con agentes internacionales. Es decir, mientras que el Manufacturero es un sector más bien cerrado, en el caso químico estamos ante un Sistema de Innovación de carácter más abierto.

De esta forma, se puede concluir que la trayectoria tecnológica influye en el comportamiento de las interacciones. Asimismo, en aquellos sectores más intensivos en conocimiento, la cantidad de interacciones desarrolladas es mucho mayor que en el resto de los sectores, produciéndose éstas en mayor medida con agentes no pertenecientes al Sistema Nacional de Innovación, mientras que en los sectores con un carácter más tradicional, las interacciones tienen un carácter más local.

Tabla 1: Cooperación en la Industria Española en el período 1996 – 2002, según el ámbito geográfico de la cooperación y según los agentes con los que se coopera.

	1996-1998		1998-2000		2000-2002	
Nº de empresas	**M.Metálicas**	**Química**	**M.Metálicas**	**Química**	**M.Metálicas**	**Química**
Según el ámbito geográfico de la cooperación						
España	502	302	138	242	257	325
UE	45	153	44	129	28	102
Programas de la UE	30	30	76	73	48	30
Países candidatos a la UE	1	15	0	23	2	9
USA	5	53	12	52	5	39
Japón	1	7	1	24	0	10
Resto de países	2	21	31	89	4	19
Según los agentes con los que se coopera						
Empresas del mismo grupo	39	122	69	139	15	63
Clientes	180	84	70	139	45	59
Proveedores	289	70	99	121	76	63
Competidores y otras empresas de su misma rama	8	14	69	121	38	33
Expertos y firmas consultoras	26	47	109	141	52	87
Laboratorios comerciales o empresas de I+D	41	44	53	132	16	62
Universidades	32	176	82	201	71	212
Organismos públicos de I+D o centros tecnológicos	35	101	61	178	100	188
Plan Nacional de I+D u otros programas nacionales y autonómicos	232	416	540	405	519	341

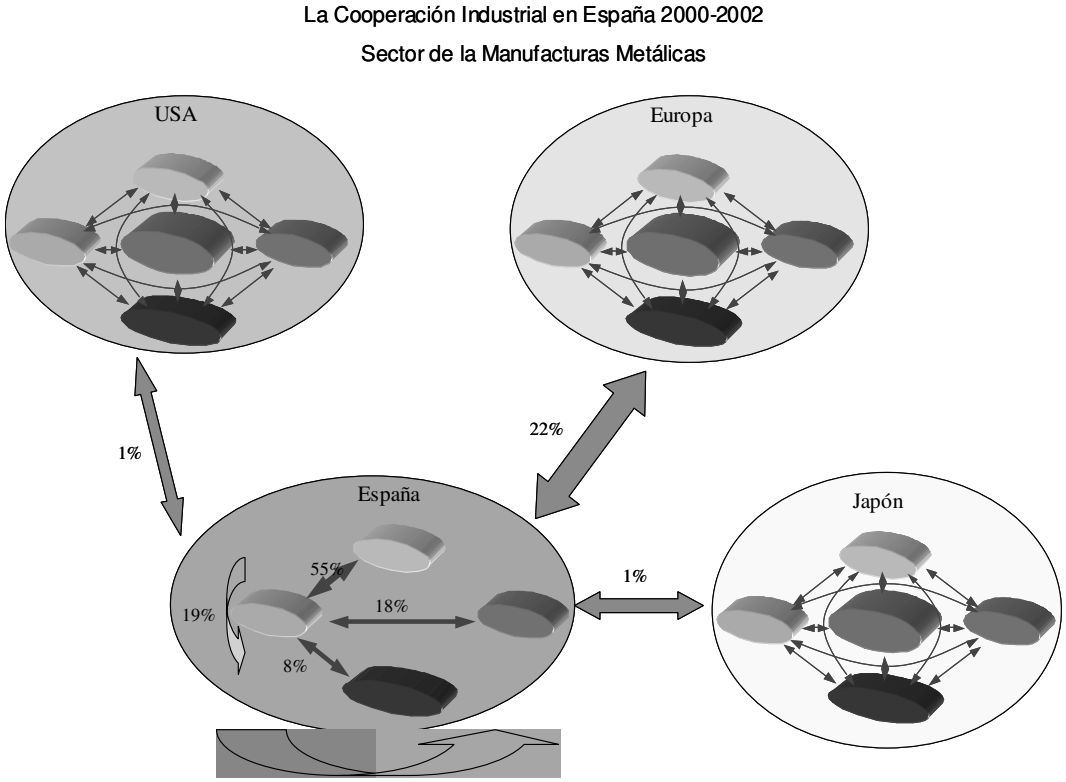
Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. INE (1998, 2000, 2002).

Tabla 2.: Distribución porcentual del gasto total en innovación de las empresas que realizan I+D sistemática por ramas de actividad.

	1996-1998		1998-2000		2000-2002	
	M.Metálicas	Química	M.Metálicas	Química	M.Metálicas	Química
% I+D interna	54,37	65,26	19,06	54,26	29,01	58,12
% I+D externa	3,68	15,54	2,91	10,68	3,09	15,31
% Adquisición de maquinaria y equipo	33,74	11,54	68,73	20,15	51,57	9,42
% Adquisición de otros conocimientos externos	1,69	1,81	2,7	2,77	4,9	4,09
% Diseño,otros preparativos para la prod. y /o distr.	3,76	2,46	2,4	1,74	8,24	6,56
% Formación	1,21	0,45	1,52	2,9	1,76	0,42
% Gastos de comercialización	1,55	2,94	2,68	7,5	1,44	6,08
% Total I+D	58	81	22	65	32	73

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. INE (1998, 2000, 2002).

Fig. 2: Estructura de Interacción en la Industria Española en el período 2000 – 2002, en el sector de la Manufacturas Metálicas

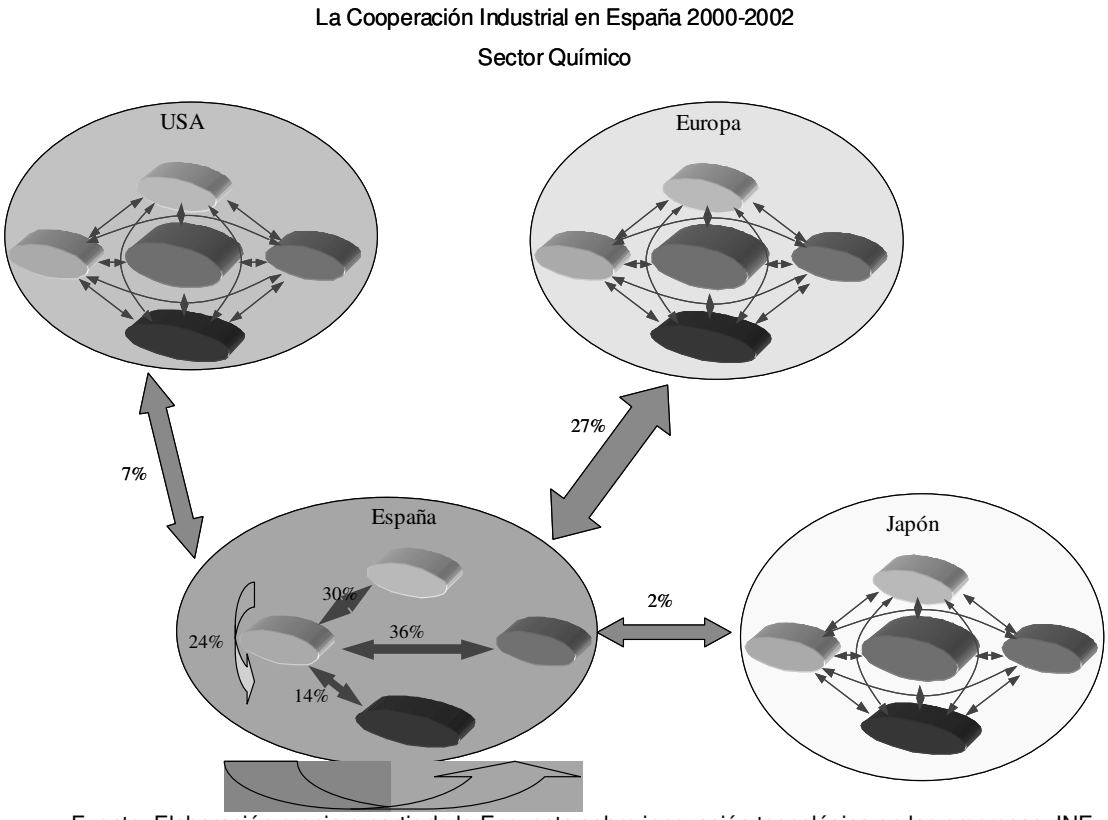


Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. INE 2002.

Como se puede concluir, el Sistema Sectorial de Innovación de las Manufacturas Metálicas, se caracteriza por desarrollar una cooperación muy fuerte con agentes nacionales (75%), al igual que con agentes financieros como las administraciones nacionales y regionales (55%), mientras la cooperación con otros agentes como los Centros Tecnológicos no adquiere tanta significancia.

A modo de resumen, es posible afirmar que se trata de un sector en el que predomina la cooperación industrial nacional.

Fig. 3: Estructura de Interacción en la Industria Española en el período 2000 – 2002, en el sector Químico



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. INE 2002.

Por su parte. el Sistema Químico de Innovación se caracteriza por cooperar con la UE (27%) como con USA (7%), e interactuar con agentes del Entorno Científico (36%) y del Entorno Financiero (30%).

Por lo tanto, a modo de conclusión, podemos observar como el Sector Químico en España se caracteriza por cooperar en gran medida con instituciones y organizaciones internacionales, principalmente Europeas, y en las que la cooperación con la Universidad y con agentes del Entorno Tecnológico adquiere una relevancia muy superior a la observada en el Sector de las Manufacturas Metálicas.

Así, a pesar de que la cantidad de datos disponibles a día de hoy no sea la deseada, en base al ejemplo anterior, podemos prever como la trayectoria tecnológica, influye directamente sobre sus modos de cooperación con el resto de Sistemas de Innovación, y los agentes pertenecientes a los mismos.

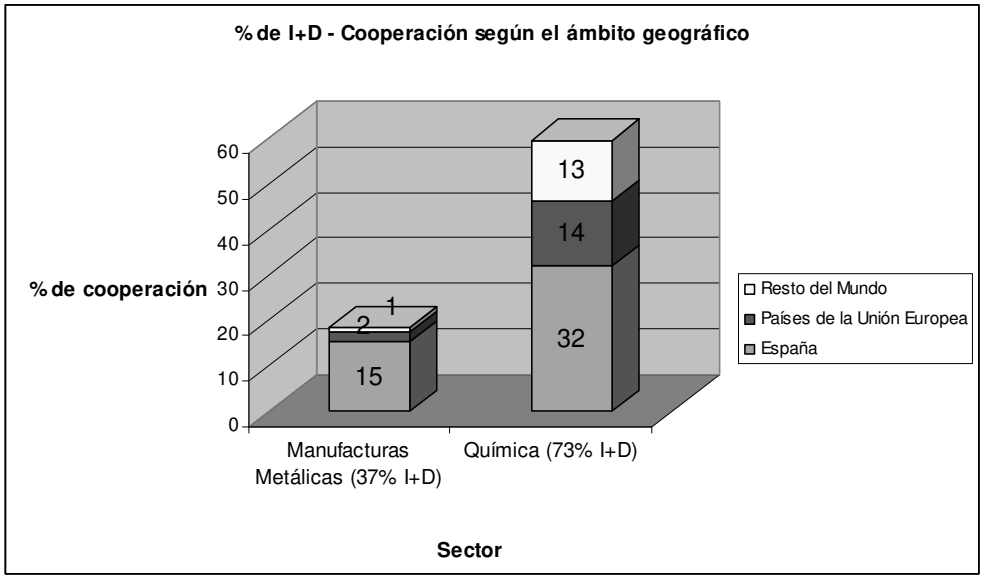
Igualmente, se ha estudiado la relación existente entre el porcentaje del Gasto en Innovación destinado a actividades de I+D, y las interacciones producidas en ambos sectores.

En base a los resultados que se extraen del primero de los análisis (Fig. 4) se puede observar claramente como en el sector de las Manufacturas Metálicas es la cooperación desarrollada a escala nacional la que predomina, mientras que en el químico, la interacción se desarrolla en diferentes frentes, lo cual nos da una muestra del carácter abierto que tiene dicho Sistema Sectorial de Innovación. Del mismo modo, se observa como el porcentaje de actividades dedicadas a I+D es mucho mayor en el sector químico que en el de las Manufacturas Metálicas, al igual que la cantidad de interacciones desarrolladas. Por tanto, de dicha figura se puede extraer una clara conclusión, y es que la trayectoria tecnológica, medida como el porcentaje del Gasto en Innovación destinado a actividades de I+D, con lo cual se pretende ilustrar la intensidad de conocimiento del sector, influye directamente tanto sobre la cantidad de interacciones desarrolladas, como en su grado de apertura.

Igualmente, del segundo análisis (Fig. 5). se puede percibir cómo la cooperación con clientes y proveedores, es marcadamente importante en el sector manufacturero analizado, mientras que en el sector químico predominan las interacciones con la Universidad y con agentes del Entorno Tecnológico, principalmente expertos y firmas consultoras. Asimismo, la relación existente entre la cantidad de interacciones y el porcentaje dedicado a actividades de I+D, indica la misma tendencia que la observada previamente.

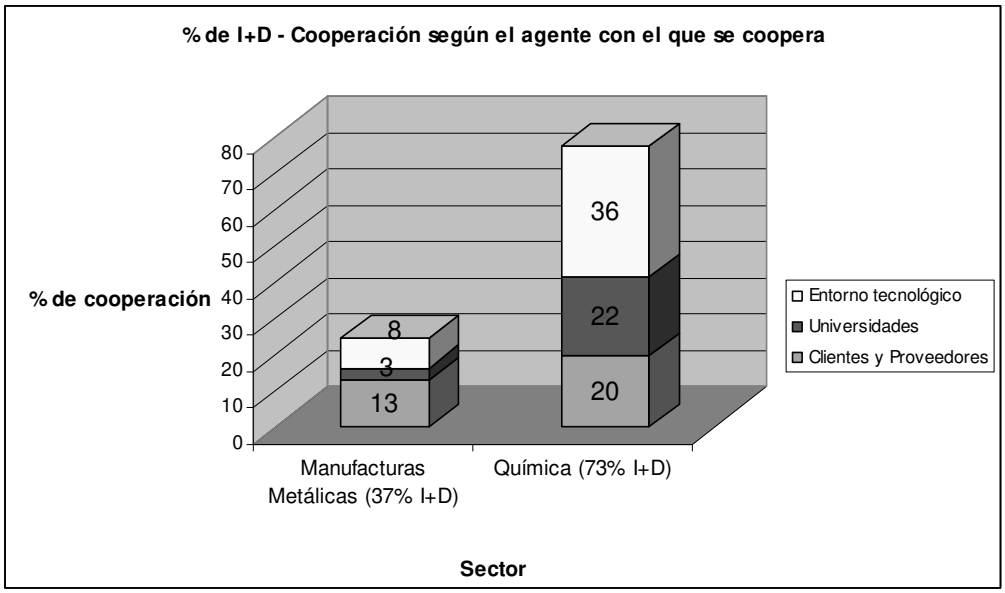
Por lo tanto, la dependencia que las interacciones producidas en un Sistema de Innovación tienen de las trayectoria tecnológica seguida por el mismo, queda demostrada haciendo uso de las medidas disponibles.

Fig. 4: Relación existente entre % Total de I+D, y la Cooperación con España, con Europa, y con el resto del Mundo, en función del % de empresas que cooperan del total de empresas innovadoras.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. INE (1998, 2000, 2002).

Fig. 5: Relación existente entre % Total de I+D, y la Cooperación con Clientes y Proveedores, la Cooperación con Universidades y la Cooperación con Agentes pertenecientes al Entorno Tecnológico, en función del % de empresas que cooperan del total de empresas innovadoras.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas. INE (1998, 2000, 2002).

Por último, indicar que a pesar de que a escala Europea se han realizado investigaciones en las que se estudian las dinámicas de la innovación territorial, se requiere una nueva aproximación geográfica para comprender el papel que ésta juega en el desarrollo de los Sistemas de Innovación (Caracostas y Soete, 1997).

2.1.2 Construcción de nuevas medidas - indicadores

Como se ha observado en las páginas anteriores, los modelos que tratan de reflejar las dinámicas y la dependencia histórica de los Sistemas de Innovación, encuentran ciertas dificultades tanto en dicha labor como al tratar de cuantificar y/o cualificar las interacciones. Es por ello, por lo que uno de los principales objetivos de la presente investigación sería la obtención o la mejora de un modelo de Innovación que aportara algo de claridad en este sentido.

Sin embargo, creemos que para poder ratificar un determinado modelo es necesario su contraste, por lo que junto con su desarrollo, se requiere de la definición de una serie de métricas que puedan mostrar la dependencia de los sistemas con respecto a su trayectoria histórica y tecnológica, así como la forma en la que se producen las interacciones y el impacto que éstas tienen sobre el Sistema de Innovación en su conjunto.

Por lo tanto, se requiere tanto de un estudio teórico como cuantitativo de la Innovación (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003), ya que por un lado se necesitan contribuciones que aporten medidas cuantitativas para poder generar y validar hipótesis, y por otro lado, como consecuencia de estas medidas, los investigadores podrán prestar mayor atención a la elaboración de nuevos modelos teóricos. Por ello y para tratar de ofrecer una visión de los Sistemas de Innovación lo más completa posible, se pretenden abordar ambas perspectivas.

Como se puede observar en la siguiente tabla, las medidas que se han desarrollado a día de hoy para tratar de cubrir la mayor parte de las características de los Sistemas de Innovación, están aún por ser cubiertas o mejoradas.

Tabla 3: Relación entre las Bases de Datos y los Entornos de un Sistema de Innovación

	Universidad	Gobierno	Industria
Ciencia	Science Citation Index		
Tecnología	Patent Database		
Innovación		Market data	

Fuente: Leydesdorff, L., Schrnhorst, A., 2003.

Por lo tanto, la investigación tratará de aportar medidas sobre los Sistemas de Innovación con las que se pueda extraer el mayor conocimiento posible sobre el comportamiento de las interacciones, sus dinámicas y la path-dependence.

2.1.3 Innovation Networks

Tanto las redes formales como las informales constituyen mecanismos de cara a la transferencia de conocimiento tácito (Metcalfe, 1992). Las redes pueden en parte compensar las limitaciones que ciertas empresas tienen en su capacidad de investigación (Fransman, 1990), por lo tanto, son cruciales de cara al proceso de innovación. Como indican Lundvall (1992) y Johnson (1992) el proceso de aprendizaje, es un proceso interactivo que se ve influido por la estructura institucional del territorio. Dicha interacción, puede ocurrir a lo largo de los países, a pesar de que existan razones que sugieran que las interacciones entre instituciones que pertenecen a la misma región o nación pueden ser menos costosas (Carlsson, y Jacobson, 1997). Por ello, a pesar de que las redes pueden tener carácter internacional, hay razones para creer que bajo ciertas condiciones, éstas tendrán una fuerte dimensión local o regional (Breschi y Malerba, 1997).

Por lo tanto, debido al papel que desempeñan las redes en los Sistemas de Innovación, en un Sistema de Innovación eficiente, las redes o lazos de unión entre usuarios, proveedores y competidores deben ser muy estrechos, ya que los procesos de generación y difusión de nueva tecnología descansan en cierto modo sobre la reducción de los costes de transacción a través de las redes. Por el contrario, y como se ha argumentado con anterioridad, una Innovation Network bien establecida puede contener una gran inercia y una gran dependencia de su trayectoria histórica y tecnológica, por lo cual se requeriría en este contexto la emergencia de un nueva red de agentes innovadores (Carlsson y Jacobson, 1997).

Como Saxenian (1994) indica, el comienzo de una política consiste en "fomentar la identidad colectiva y la confianza entre los agentes para apoyar la formación de redes locales". Debido a la competencia económica, los agentes privados pueden desarrollar las redes que les conduzcan a un comportamiento dinámico, pero sin embargo, los efectos asociados al lock-in y a los rendimientos crecientes podrían garantizar la intervención del estado, quien actúe más como "broker" que como inversor o procurador. Es decir, la política gubernamental debería tener la función de unir a las empresas que no tienen o apenas tienen contacto entre ellas. (Alänge y Jacobsson, 1993).

El trabajo de investigación referente a las Innovation Networks y las interacciones que se producen entre los agentes tiene un especial interés debido a que (Archibugi, Howells y Michie eds., 1999):

- Las redes y por consiguiente los Sistemas de Innovación, consideran la totalidad de los agentes que participan en ellos. Por lo tanto, en ausencia de interacciones, la existencia del Sistema no podría concebirse.
- Las relaciones que se producen dentro del Sistema son relevantes de cara al análisis y a la definición de la dinámica del mismo.
- El análisis de la forma en la que evolucionan y se modifican las interacciones, es un elemento clave que proporciona una perspectiva adecuada a la evolución y a la dinámica del sistema.

El hecho de que desde diversas instituciones públicas se estén definiendo políticas de apoyo a la innovación, como RIS, RTP, RITTS, etc… muestra la creciente necesidad de elaborar ciertas métricas que permitan efectuar mediciones en aquellos procesos relacionados con el establecimiento de redes y la evaluación de dichas Políticas de Innovación (Saviotti, 1997; Archibugi, Howells y Michie eds., 1999; Zenker, 2001; Landabaso, Oughton, Morgan, 2001).

Ciertos autores han hecho uso de indicadores al realizar aproximaciones empíricas al marco de las Innovation Networks con el objeto de identificar las interacciones que ocurren en ellos, sin haber obtenido por contra, una metodología cualitativa que permita la identificación del comportamiento dinámico de estas redes de Innovación (Ver Capítulo 2.2).

En relación a esto ultimo, algo similar ocurre cuando tratamos a las Innovation Networks desde una perspectiva teórica, lo cual nos indica la gran diversidad de enfoques que éstas pueden tener en el marco de los Sistemas de Innovación. En este caso, algunos autores han tratado de definir y de cualificar las redes que existen en un Sistema de Innovación, pero por el momento no ha habido un consenso.

Sin embargo, no creemos que el hecho de no haberse consensuado una definición sobre una Innovation Network, perjudique su existencia, sino todo lo contrario. La variedad de definiciones y de puntos de vista que la literatura ofrece a este respecto, no hace sino incrementar la relevancia de éstas en los Sistemas de Innovación. Así, podemos considerar a las Innovation Networks, como un concepto poliédrico, en el que en función de la perspectiva que el investigador adopte, algunas de sus características prevalecen sobre el resto, a pesar de que todas ellas constituyan un mismo conjunto, en este caso una misma red.

Las Innovation Networks son un fenómeno relativamente reciente que emergió a comienzos de los 90 (Pyka y Saviotti, 2002), y está considerada como “una herramienta útil para explicar algunos fenómenos tales como las dinámicas de las organizaciones empresariales y las de las industrias de sistema productivo local” (Vázquez Barquero, 1999).

Las relaciones y conexiones entre actividades (productiva, comercial, técnica, financiera y asistencial), actores (empresas industriales del sistema productivo local), y recursos (humanos, naturales, infraestructuras) han sido crecientes durante un largo período de tiempo, por lo que dependen del estilo de vida socio-cultural y productivo de los territorios (Vázquez Barquero, 1999). También tienen una gran dinámica interna como consecuencia de sus relaciones económicas y su carácter abierto, lo cual implica una continua reorganización del sistema, y del cambio de las estructuras. Debido a que las Innovation Networks son un modo de gobernanza en continuo desequilibrio como consecuencia de la dinámica de las interacciones, es necesario definir un nuevo modelo de innovación que considere y explique estas dinámica, así como la apertura del sistema por medio de medidas tanto cuantitativas como cualitativas.

Como las innovaciones tienen lugar como consecuencia de interacciones entre los agentes económicos, políticos y científicos, es posible indicar que las Innovation Networks son "todas aquellas formas organizacionales entre el mercado y la jerarquía que permiten el intercambio de información, conocimiento y otros recursos, y que ayudan a implementar innovaciones por medio de procesos de aprendizaje entre redes" (Koschatzky, 2001; Koschatzky, Kulicke, Zenker eds., 2001); Pero también pueden entenderse, "como una acción colectiva en la que las empresas locales y las instituciones se relacionan culturalmente para la creación y difusión de conocimiento adicional" (Pilon y DeBresson, 2003); o como "procesos de interacción entre diversos agentes, que producen innovaciones a niveles nacional, regional o supranacional" (Pyka y Küppers, 2002).

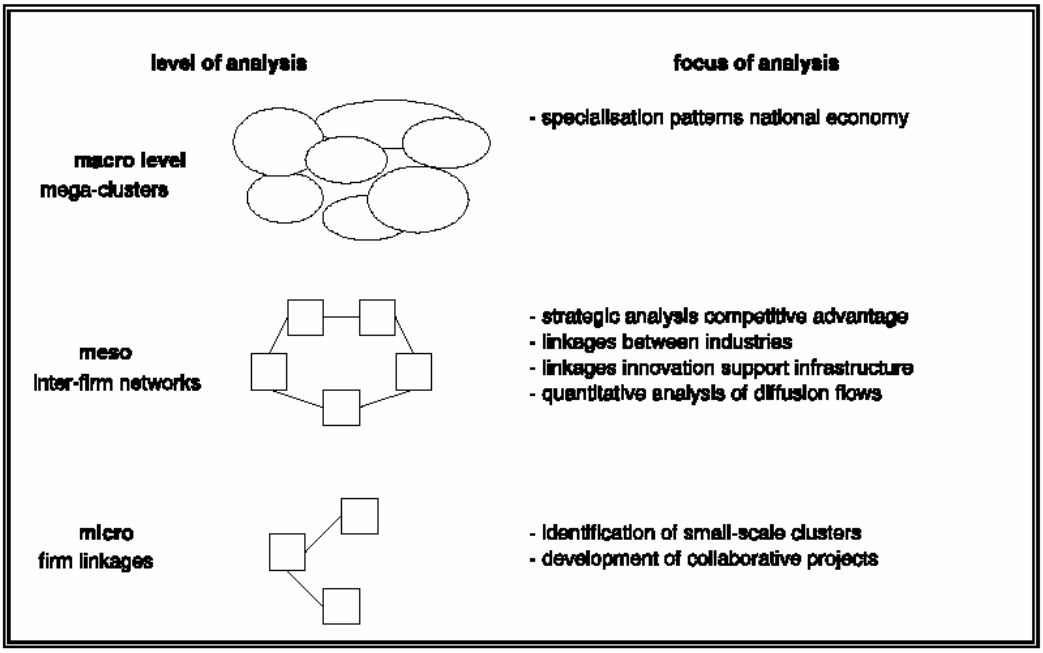
En resumen, la literatura económica, sociológica y política ha comenzado a demostrar que los recientes desarrollos en la generación de nuevo conocimiento pueden ser conceptualizados en términos de Innovation Networks. A pesar de ello, aún hay un largo camino por recorrer debido a la gran variedad de perspectivas que éstas permiten adoptar (Pyka y Küppers eds., 2002).

Sin embargo, no es solo posible encontrar diversas definiciones de Innovation Networks, sino también múltiples taxonomías y clasificaciones, ventajas de trabajar en red, roles de las redes, etc. dependiendo de la perspectiva del autor (Freeman, 1991; DeBresson/Amesse, 1991; Cooke y Morgan, 1993; Guerrieri y Tylecote, 1997; Vázquez Barquero, 1999; Pleschak y Stummer, 2001; Pyka y Küppers, 2002; Fornhal y Brenner eds., 2003; Koschatzky, 2002 y 2003).

Varios autores (Pleschak y Stummer, 2001; Fornhal y Brenner eds., 2003; Pyka y Küppers, 2002; Vaux y Gilbert, 2002; Lutz, Sydow y Staber, 2003) también explican las características, acontecimientos o hechos que deberían producirse en un Sistema de Innovación, así como las principales particularidades que los agentes que lo constituyen deberían tener, y los instrumentos que podrían permitir mejorar las interacciones. Sin embargo, estas recomendaciones aún no han sido testadas empíricamente. Así, en tanto en cuanto las medidas e indicadores empleados para medir las interacciones no permitan comprender sus dinámicas, lo anteriormente expuesto no podrá ser considerado como una herramienta que permita definir Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación más eficientes.

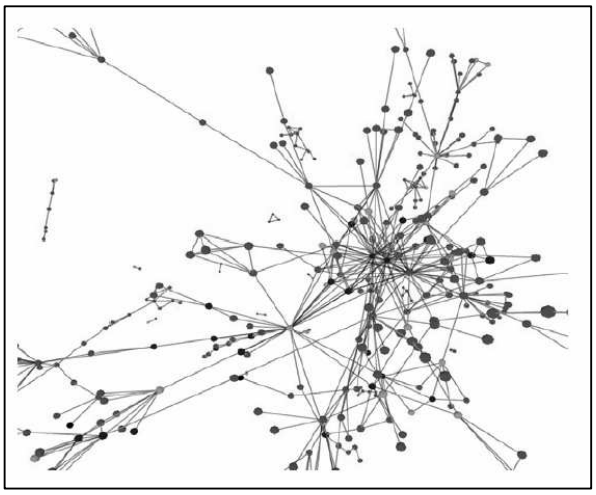
Como posteriormente se detallará en el apartado 3 del presente proyecto, una de las principales ideas que se pretende desarrollar a lo largo de la investigación es la realización de un modelo interactivo de Sistema de Innovación (Ver Fig. 11), en el que puedan reflejarse las interacciones que se producen en el mismo, las cuales en gran medida vienen dadas por su trayectoria histórica, independientemente del ámbito (supranacional, nacional, regional, local, sectorial, etc.) objeto de análisis. Dicho objetivo está en línea con una aproximación realizada en algunos de los trabajos empíricos referentes a medidas en Sistemas de Innovación (den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995; Baba, Yarime, Shichijo, Nagahara, 2004) en los que se consideran diversos clusters, así como sus relaciones, desde diferentes niveles de análisis (Ver Capítulo 3.3).

Fig. 6: The Cluster Approaches at different levels of analysis



Fuente: den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995.

Fig. 7: Topology of Hashimoto - centered Network (up to 2002)



Fuente: Baba, Yarime, Shichijo, Nagahara, 2004.

2.2 Marco Empírico:Estado del arte en Innovation Networks

Una vez que se ha completado la contribución teórica del presente trabajo de investigación, se presentarán los principales trabajos realizados, en los cuales se pretenden medir las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación.

Se pueden diferenciar dos principales conjuntos de trabajos de investigación. Por un lado, es posible encontrar estudios que emplean ciertos indicadores tratando de dar una medida empírica de interacción en un Sistema de Innovación. Por otro lado, es posible encontrar también estudios de Simulaciones de Innovation Networks, que hayan sido modelados y simulados.

En ambos conjuntos, se han encontrado ciertas áreas en las que podría mejorarse, y en las que la presente investigación tratará de aportar algo más de conocimiento al respecto. Por un lado, muchos de los indicadores empleados no contribuyen de un modo directo a conocer la dinámica de las interacciones y por lo tanto del Sistema de Innovación del que forman parte. Por otro lado, algunas de las medidas y de los indicadores empleados realmente no son medidas que se refieran a interacciones. Se trata de medidas que conciernen a los agentes que constituyen los Sistemas de Innovación. Es decir, algunos de los indicadores y medidas no se refieren directamente a las interacciones y a la cooperación.

Para tratar de medir las interacciones, la Teoría de la Complejidad podría proveer a los Sistemas de Innovación una nueva perspectiva que lo condujese a su desarrollo y consolidación.

2.2.1 Indicadores relativos a Innovation Networks

Los primeros estudios acerca de Innovation Networks, han proporcionado una evidencia empírica de importancia para posteriores investigaciones (Callon y Law 1989).

El trabajo de Andersen hace uso de modelos de simulación para analizar las relaciones verticales que se producen entre clientes y proveedores, siendo ésta una prometedora línea de investigación (Andersen y Lundvall, 1997) para simular la evolución de los complejos Sistemas de Producción y de Innovación. Sin embargo, se necesita realizar una revisión del mismo, sistematizándolo y aplicándolo en estudios empíricos realizados más recientemente (Olazaran y Gomez Uranga eds., 2000).

De entre los trabajos de investigación más recientes, se pueden obtener ciertos indicadores de relativo interés. Así, se han estudiado las interacciones que se producen entre los agentes que constituyen el Sistema Regional de Innovación de Baden Württemberg, haciendo uso de las siguientes medidas (Muller, 2001):

- El conocimiento empleado,
- Las consideraciones espaciales de las interacciones,
- la influencia en términos de innovaciones empresariales.

Knut Koschatzky (2003), en relación con el anterior análisis, estudia las características de la cooperación desarrollada en las cinco regiones alemanas EXIST, por medio de la promoción de las start-ups basadas en las universidades.

Javier Revilla Díez (2001) muestra los principales resultados obtenidos en un proyecto desarrollado para tratar de medir los tipo de cooperación que se producen en algunas regiones europeas como Barcelona, Viena y Estocolmo, analizando la cantidad de compañías industriales de cada región, su año de fundación, su análisis sectorial, las áreas tecnológicas en las que se enmarcan sus actividades, las fuentes de información, y los agentes con los que cooperan, dependiendo de la fase en la que se encuentren en el proceso de innovación.

Un estudio más profundo sobre la forma en la que se desarrollan las cooperaciones en el sector industrial en Eslovenia (Koschatzky y Bross, 2001), analiza la composición de la población industrial, los sectores, la cantidad de trabajadores, los centros tecnológicos y las empresas extranjeras con las que se coopera, y el grado de cooperación de los centros tecnológicos con las empresas, institutos tecnológicos y la administración pública.

Un estudio similar es el desarrollado por Arne Isaksen (2003) en referencia al caso de la ingeniería del sector marítimo en la región de Oslo, y por Slavo Radosevic (1997) acerca de la transformación de las redes tecno-económicas en los Sistemas de Innovación Post-Socialistas.

Franz Pleschak y Frank Stummer (2001) analizan la competitividad a través de la innovación en la Investigación Industrial de la Alemania del Este, estudiando la frecuencia de las interacciones entre los Centros Tecnológicos y el resto de los agentes del Sistema de Innovación por medio de proyectos conjuntos, actos organizados conjuntamente, apoyo obtenido de consultores, uso común de medios tecnológicos y la transferencia de resultados de investigación.

Un trabajo empírico acerca de la cooperación inter-industrial en proyectos de innovación en España (Navarro Arancegui, 2002), también estudia las industrias innovadoras que cooperan en innovación, en base a su tamaño, sector, tipo de cooperación, los socios con los que coopera, así como su nivel tecnológico.

En contraposición a los modelos descriptivos de los Sistemas de Innovación, Furman et al. (2002) han desarrollado un método formal para realizar comparaciones de la actividad innovadora entre países, bajo el concepto de la “Capacidad de Innovación Nacional”. Se basan para ello en una combinación de tres conceptos teóricos diferentes, aunque estrechamente relacionados: teoría del crecimiento endógeno (Romer, 1990), teoría de la competitividad internacional (Porter, 1990; Porter y Stern, 2002) y los Sistemas de Innovación. Así, se define a la “Capacidad de Innovación Nacional” como “la capacidad de un país de producir y comercializar un flujo de tecnología innovadora a largo plazo, dependiendo de las fortalezas de las infraestructuras nacionales, el entorno para la innovación de los clusters industriales de la nación, y de la fortaleza de las relaciones entre estos dos grupos”. Cada uno de los anteriores componentes - infraestructura, condiciones del cluster y las relaciones – es medido por medio de una serie de indicadores (Balzat y Hanusch, 2003).

La difusión de tecnología en el marco de los Sistemas de Innovación puede ser percibida como una fase en la que se desarrollan innovaciones incrementales a través de varios procesos de feedback entre fabricantes, usuarios e investigadores. Por lo tanto, el aprendizaje organizacional de las empresas y de las instituciones, se convierte en una característica esencial del proceso de innovación, ya que incrementa el conocimiento disponible de todos los agentes del sistema. El informe de la OCDE "Technology and the Economy, the Key Relationships" (1992) define la difusión como todas aquellas acciones desarrolladas a nivel empresarial u organizacional para sacar rendimiento a los beneficios económicos de la innovación (den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995).

La base tecnológica y la capacidad de absorción de las empresas radica en las capacidades humanas, materiales, de equipamiento e información escrita. A pesar de que se han investigado y definido algunos indicadores, aún se requiere añadir otros como la base tecnológica de las empresas y su capacidad de aprendizaje, de absorción y de distribución de conocimiento. En este sentido, y para poder comparar la relación existente entre la inversión y los beneficios obtenidos de la I+D, se ha calculado un índice de difusión de la I+D (den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995).

Al tratar de las posibles medidas de innovación, es necesario hablar también de la existencia de datos disponibles, debido a la gran dificultad para poder obtener medidas de modo sistemático en este sentido. Así, apenas existen datos oficiales en los que se recogen variables como la movilidad del personal dedicado a actividades de I+D, la importancia de las interacciones entre usuarios y fabricantes, y el grado en el que la base de conocimientos científicos de las universidades es empleada por las empresas. Del mismo modo, la identificación de medidas y de estadísticas en relación a la transferencia de tecnología, la cooperación conjunta entre empresas, el aprendizaje conjunto entre varias instituciones y la cooperación en I+D y otros tipos de cooperación entre universidades y empresas, resulta ser muy dificultosa (den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995).

Por ejemplo, los Sistemas de Innovación pueden ser medidos en base a interfaces por medio de comunicaciones o informes acerca de nuevos productos y/o procesos tecnológicos. El grado de comportamiento sistémico podría medirse en base a la correlación entre diferentes tipos de indicadores, o podría compararse con el desarrollo histórico de series temporales (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003), ya que las medidas del comportamiento dinámico de las redes que existen dentro de un Sistema nos pueden proporcionar una información muy valiosa acerca del mismo.

En uno de sus más recientes trabajos de investigación, Nooteboom y Gilsing (2004) analizan el tipo de redes existentes en los sectores de DBF y Multimedia en los Países Bajos. Sin embargo, el análisis se realiza en base a la experiencia, no es base a indicadores, por lo que tampoco es posible realizar una evaluación de las Políticas de Innovación aplicadas. En dicho trabajo, se identifican algunas posibles medidas que se deducen del tipo de redes (strong-weak) a pesar de que no se definen indicadores concretos.

Por último, uno de los últimos trabajos abordados en el presente proyecto de investigación, y que ha confirmado el interés de la investigación a realizar a lo largo de la tesis ha sido el realizado por un equipo de investigadores de la Universidad de Tokio en colaboración con la Universidad de Meiji (Baba, Yarime, Shichijo, Nagahara, 2004). Este último trabajo, no solo aporta bibliografía de interés de cara al análisis de redes, sino que además muestra, a pesar de que se realiza exclusivamente con indicadores relativos a patentes, la estructura gráfica que las Innovation Networks tienen en el caso de la Universidad de Tokio, mostrando cuales son sus principales nodos, y la evolución que éstas han llevado. Sin embargo, queda aún cierto trabajo por completar en este campo, por lo cual se ha decidido plantear esta investigación (Ver Fig.7).

Debido a las características que se le quieren dar a la investigación que se infiere a partir del presente documento, el anterior trabajo ha confirmado que la línea de investigación definida es oportuna, ya que va en línea con los trabajos de investigación que se están realizando en otros países tanto europeos como internacionales.

2.2.2 Innovation Networks Simulation

Los modelos de simulación permiten adoptar una perspectiva diferente sobre la investigación en indicadores. Mientras que las medidas científicas se han centrado sobre la evolución histórica acaecida, los modelos de simulación permiten determinar los posibles eventos que pudieran ocurrir. Los modelos de simulación añaden la interacción de diferentes procesos, lo cual permite que la investigación pueda considerar diferentes escenarios en el desarrollo del sistema. En resumen, la modelización puede crear una demanda para la definición de nuevos indicadores, considerando también el hecho de que las simulaciones pueden ser empleadas del mismo modo para producir indicadores "virtuales". De esta forma, los resultados cuantitativos que se obtienen con las simulaciones pueden ser comparados con las medidas reales obtenidas, para explicar por ejemplo las causas reales que han podido causar la diferencia en los resultados, con lo que no solo se mejoraría el comportamiento del modelo de simulación, sino que además se podría comprender mejor la dinámica del sistema analizado, además de poder testar ciertas hipótesis planteadas sobre el comportamiento de un Sistema de Innovación (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003; Saviotti ed., 2003).

Por lo que a los modelos de simulación se refiere, es posible encontrar diversos estudios en el trabajo realizado por Andreas Pyka y Günter Küppers (eds., 2002) donde se muestran numerosas simulaciones que tratan de estudiar las características del comportamiento de las Innovation Networks.

En el anterior estudio Andreas Pyka y Pier Paolo Saviotti (2002) comparan las medidas reales obtenidas de un Innovation Network en el sector de la biotecnología con las obtenidas de un modelo de simulación realizado con el software Ucinet (Borgatti, Everett y Freeman, 1999).

También es posible observar otros estudios como el análisis del papel que desempeñan las empresas intensivas en conocimiento (knowledge-intensive business services- KIBS-) en el e-commerce (Windrum, 2002), y las redes de Innovación y la transformación de los Sistemas Socio-Técnicos en el caso de la energía y de la tecnología caloríficas (Ahrweiler, de Jong y Windrum, 2002; Weber, 2002).

Por último, Daniele Archibugi y Simona Iammarino (1999) realizan una taxonomía en la que analizan el comportamiento de las interacciones entre algunos de los agentes de un Sistema de Innovación (industria-industria, gobierno- gobierno, gobierno -industria) (Etzkowitz y Leydesdorff eds., 1997) lo cual depende en gran medida del modo en el que se produzcan las innovaciones.

Como se ha comentado en uno de los apartados anteriores, uno de los trabajos pioneros en la simulación de las Innovation Networks, ha sido el realizado por Esben Sloth Andersen (1997), a través de un modelo para la simulación de redes verticales en los Sistemas de Innovación, investigación desde la cual se abrió el campo a un mayor abanico de oportunidades, tal y como se ha podido observar.

En relación con el anterior trabajo (Andersen y Lundvall, 1997) los autores comentan el modelo de simulación desarrollado por Nelson y Winter (1982), el cual permitiría realizar simulaciones empleando el modelo de relaciones verticales dinámicas Schumpeteriano. Uno de los principales objetivos de dicho modelo, sería la simulación de diferentes trayectorias especificando aquellos parámetros que podrían variar entre países, con lo cual se podría demostrar que no hay una exclusiva estructura económica óptima independientemente del contexto socio-económico.

2.2.3 Complejidad de las interacciones en los Sistemas de Innovación

Como se ha indicado con anterioridad, uno de las posibles líneas de investigación que podría aportar nuevas perspectivas en el análisis y comprensión de los Sistemas de Innovación, sus dinámicas y las interacciones que se producen en el mismo, podría ser la Teoría de la Complejidad (Lorenz, 1995; Hayles, 1998; Briggs y Peat, 1999).

Esto es debido a que hay una necesidad de abordar el estudio de la complejidad para poder comprender el comportamiento de las interacciones y su relevancia en los Sistemas de Innovación (Andersen, 1997).

Esben Sloth Andersen, fue uno de los pioneros al indicar que la investigación en economía evolutiva podría extender su campo de actuación a la evolución de los sistemas complejos, en los cuales se encuadran los Sistemas de Innovación. Además de ello, dicho autor ha sido uno de los pilares al remarcar la Importancia de las interacciones en los sistemas de innovación y la necesidad de abordar la complejidad para el estudio de las interacciones (Andersen, 1997).

Los procesos de transformación, de los cuales se ha tratado en el anterior apartado, pueden caracterizarse como inciertos, complejos y dependientes de la trayectoria histórica, a pesar de que debido a dicha complejidad haya procesos de evolución en los que no se pueda prever claramente la transición de un estado a otro (Jacobsson, 1997). Del mismo modo, la creación de conocimiento, su distribución en los Sistemas de Innovación y el desarrollo económico son procesos complejos, y directamente relacionados con las dinámicas de los Sistemas de Innovación y sus interacciones (den Hertog, Roelandt, Boekholt, van der Gaag, 1995).

La introducción de nuevos agentes, y la generación de nuevos tipos de interacciones, son una de las características de la complejidad dinámica de los sistemas (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003). Como consecuencia de estas redes de interacción, como por ejemplo redes de relaciones entre la universidad-industria-gobierno, puede surgir un nuevo régimen global, de tal forma que la red resurge como una nueva unidad de evolución. Cuando esta estructura en forma de red haya adquirido cierta estabilidad, podrá co-evolucionar con el el sistema en su conjunto y sus dinámicas. Por ello, parece obvio que la generación de redes de interacción entre los agentes de un Sistema de Innovación es uno de los principales argumentos por los que éste evoluciona y se desarrolla, por lo que el interés de su análisis queda justificado.

El concepto de la complejidad dinámica se refiere a un conjunto de procesos interrelacionados y de elementos heterogéneos que interactúan entre sí, a pesar de que no existe una definición clara de lo que la complejidad encierra (Pyka y Küppers, 2002). En este contexto, las redes representan un mecanismo para la difusión de innovaciones a través de colaboraciones y de relaciones interactivas (Zuscovitch y Justman, 1995).

La dinámica de la complejidad está formada por una cantidad de procesos independientes, cada uno de ellos con su propia dinámica, de tal forma que cada uno de ellos se relaciona con el resto generándose una nueva dinámica para el sistema que ellos constituyen, la cual que difiere de la dinámica de cada uno de los procesos tratados independientemente (Pyka y Küppers, 2002).

La dinámica de un sistema es compleja en tanto en cuanto pueda ser descompuesta en varios subsistemas que interactúen entre sí. La variedad de perspectivas pueden combinarse de un modo intuitivo (por ejemplo por un político) y/o con la ayuda de un modelo ciertamente más teórico. De este modo la totalidad de las perspectivas deben ser formuladas como hipótesis de la complejidad del sistema bajo ciertas condiciones. Entonces, se puede tratar de comprender la complejidad del sistema por medio de modelos de simulación (Leydesdorff y Schrnhorst, 2003).

A pesar de existir la necesidad de abordar una investigación más exhaustiva en este ámbito, y el hecho de que diversos autores hayan mencionado la posibilidad de afrontar este estudio por la Teoría de la Complejidad como una posible línea de investigación alternativa a la aportada por las Innovation Networks (Seri, 2001; Pyka, Gilbert y Ahrweiler, 2002; Pleschak y Stummer, 2001), todavía el número de estudios empíricos realizados en este campo es reducido.

Aquellos autores que hacen uso de la Teoría de la Complejidad para analizar y explicar el comportamiento de las interacciones (Frenken, 2000) tratan de medir éstas por medio de modelos de simulación como el modelo NK (Kauffman, 1993) en el que se emplean medidas de entropía. De todas maneras, y al igual que se mencionó al abordar el estudio de la literatura sobre los indicadores referentes a las interacciones en los Sistemas de Innovación, las medidas empleadas no hacen mención directa a la complejidad de las interacciones, por lo que en realidad, a pesar de hacer uso de dichas teorías, de momento no se ha conseguido ofrecer un punto de vista alternativo, como se pretende.

3.- Desarrollo de la investigación

Una vez analizado el marco conceptual de los Sistemas de Innovación, así como las principales líneas de investigación por los cuales éstos podrían verse mejorados, y después de haber comentado las posibles aportaciones que la Teoría de la Complejidad podría ofrecer en este marco, se realizará una descripción de las principales fases en las que se espera desarrollar la elaboración de la tesis doctoral, así como los objetivos que la misma tratará de satisfacer.

3.1 Objetivo de la Investigación

El principal objetivo de la presente investigación es el siguiente:

> "Analizar y medir las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación, los cuales por definición son abiertos (se relacionan con el entorno) y dinámicos, observando la influencia que sobre ellas tiene la trayectoria histórica de las regiones(path – dependence), y determinar en qué medida estos dos procesos explican el comportamiento dinámico de los Sistemas de Innovación, e influyen sobre el desarrollo de los mismos".

Debido a que la bibliografía existente admite la existencia de ciertas carencias en la medición de estas características sistémicas, como la interacción de un sistema y su dependencia histórica, y para poder comprender y estudiar con mayor profundidad la forma en la que se producen y evolucionan las interacciones, la presente investigación tratará de aportar una nueva perspectiva que permita dicha medición por medio de una metodología.

A lo largo de la tesis se prevé la realización de una comparación entre diversas Regiones Europeas y sus correspondientes Sistemas de Innovación, para tratar de obtener una evidencia empírica del efecto que la path-dependence tiene sobre los Sistemas de Innovación.

Para poder desarrollar estas evidencias empíricas, y en base a las aportaciones realizadas por numerosos autores, se hará uso de la Teoría de la Complejidad y de los Modelos de Simulación, ya que se estima que tanto la complejidad como las simulaciones constituyen una línea de investigación de interés que permitan ofrecer una nueva perspectiva que ayude a la consolidación del enfoque de los Sistemas de Innovación.

Debido a la importancia que los modelos teóricos tienen en el marco de los Sistemas de Innovación, además de tratar de mostrar la relevancia que tanto las interacciones como la trayectoria histórica de las regiones tienen de cara al desarrollo de los Sistemas de Innovación y su comportamiento dinámico, la construcción de un modelo que considere la relevancia de las interacciones, que permita explicar su comportamiento dinámico y la dependencia que éstos tienen de la trayectoria histórica y tecnológica, constituirá un punto de interés en la investigación.

Por último, hay que indicar que una de las principales conclusiones que se podrá extraer tras la investigación, será la adecuación del concepto de Sistema de Innovación, debido a que en caso de que no se consiga una medición de las interacciones que se producen en el mismo al finalizar la tesis, tal vez habría que reconsiderar dicho concepto, ya que en ausencia de interacciones, el concepto de sistema constituiría un sinsentido, a pesar de aprobar en todo momento su existencia.

3.1.1 Hipótesis planteadas

A lo largo de la presente investigación, se tratará contrastar las hipótesis planteadas al comienzo de la misma:

- Las interacciones que se producen entre los agentes de un Sistema de Innovación, influyen en su dinámica.
- Las interacciones que se producen en un Sistema de Innovación son medibles, bien por medio de medidas cuantitativas o cualitativas.
- El grado de intensidad de las interacciones, sus características, sus debilidades y/o fortalezas, dependen de la trayectoria histórica y tecnológica del territorio objeto de estudio.

3.1.2 Preguntas formuladas

Finalmente, y para poder aceptar, o en su caso rechazar las hipótesis formuladas con anterioridad, la investigación tratará de responder a algunas de las preguntas que se extraen de aquellas:

- ¿Qué tipo de interacciones se producen en un Sistema de Innovación? ¿Entre qué agentes se producen?
- ¿Cómo se pueden obtener medidas relacionadas con las interacciones?
- ¿Constituye la Teoría de la Complejidad una línea de investigación alternativa de cara al estudio de las Innovation Networks?
- ¿Representan correctamente los modelos de simulación las dinámicas de las Innovation Networks al contrastarlos con los resultados empíricos obtenidos de los Sistemas de Innovación?
- ¿En qué medida explican las interacciones las dinámicas de los Sistemas de Innovación? ¿Y las trayectorias históricas y tecnológicas de los territorios?
- ¿Difieren las Innovation Networks (nacionales, regionales, locales, sectoriales…) en sus dinámicas?

3.2 Programa de trabajo y Metodología a seguir

A continuación se mostrarán las principales etapas así como las actividades a realizar en cada una de las fases que van a constituir el desarrollo de la tesis doctoral:

1.- Revisión bibliográfica y elaboración del estado del arte.

La bibliografía a ser considerada puede clasificarse en cuatro grupos principales:

En primer lugar, será necesario identificar y conocer, las principales características así como las deficiencias consideradas por la bibliografía relacionada con las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación.

En segundo lugar, se deberían analizar los estudios relacionados con las Innovation Networks, tanto desde una perspectiva teórica como empírica, para así conocer el estado del arte de las mismas, así como de la construcción de modelos de simulación y la definición de las posibles medidas que podrían ser empleadas.

En tercer lugar, la bibliografía relacionada con los enfoques teóricos de la Teoría de la Complejidad necesitará también ser abordada, para así poder definir las principales áreas en las que dicha teoría podría contribuir de cara a la medición y conocimiento del impacto que las Innovation Networks tienen en los Sistemas de Innovación.

Por último, y en base tanto a la literatura que aborde la evolución de las políticas de innovación, como a la literatura relacionada con la evolución tecnológica en ciertas regiones europeas, como se indicará posteriormente, se tratará de identificar en qué medida la trayectoria histórica y tecnológica, influye sobre las interacciones que se producen en sus Sistemas de Innovación.

2.- Definición de una taxonomía de los posibles tipos de Interacciones o de modos de cooperación que pueden desarrollarse en un Sistema de Innovación.

Como se ha expuesto en los capítulos anteriores del presente trabajo de investigación, en la literatura analizada se han observado como ciertos autores tratan de identificar y clasificar los posibles tipos de interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación. De esta manera, la definición de algunas posibles medidas que nos permitan cuantificar y cualificar los tipos de interacción objeto de análisis, se podrá ver facilitada en cierta medida, debido al conocimiento de las principales características de estos tipos de interacción.

3.- Desarrollo de un Panel de Medidas para en análisis de las interacciones con ayuda del enfoque aportado por la teoría de la complejidad.

Numerosos autores, han identificado la necesidad de abordar el estudio y medición de las Innovation Networks, las cuales se producen en múltiples direcciones, siendo además complejas y dinámicas. Tal y como se ha reflejado con anterioridad, a día de hoy se han realizado algunos esfuerzos de cara a su medición, a pesar de que las medidas y variables empleadas no ofrezcan en realidad un enfoque alternativo de cara al análisis de redes, su dinámica y su complejidad.

De este modo, por medio de la Teoría de la Complejidad, se estima que será posible la identificación de algunas características de las Innovation Networks, lo cual permitiría la identificación y definición de un Panel de Medidas que representen las Interacciones y las redes de los Sistemas de Innovación.

4.- Análisis de las trayectorias tecnológicas

Por medio de esta fase, y para poder medir la influencia de las trayectorias históricas de las regiones, se pretende medir el impacto que ello tiene en el comportamiento de las Innovation Networks establecidas en ellas.

Para ello, se llevará a cabo un análisis de las Políticas de Innovación desarrolladas en las regiones objeto de análisis, con lo cual será posible determinar las trayectorias tecnológicas de las mismas y de sus principales sectores.

Del mismo modo, también se estudiarán las ventajas que la proximidad geográfica puede tener, para así poder identificar las interacciones que son sensibles a la distancia.

Por medio de estos análisis, se podrían observar aquellos parámetros que varían entre países, con lo cual se podría demostrar el impacto que tiene la tradición histórica de las regiones a la hora de medir las interacciones.*5.- Confianza entre los agentes de una red*

Por medio de este análisis, se pretende medir la relación existente entre la antigüedad de las redes y el tipo de cooperación que se produce a través de ellas. Así se podrían diferenciar los tipos de cooperación que se producen en un Sistema de Innovación y al realizar las comparaciones entre regiones, se observaría el peso que tiene la variable tiempo en el comportamiento de las interacciones, de modo que a mayor antigüedad en la cooperación, mayor confianza habrá entre los agentes del sistema y por lo tanto se podrá producir una mayor interacción en el mismo.

6.- Cadena de valor y variedad de los actores

En esta fase, y en base a los sectores seleccionados, se pretende identificar las principales cadenas de valor que se producen en los mismos, y analizar si las interacciones incrementan valor o no en las actividades que forman parte de la cadena de valor de un Sistema Sectorial de Innovación.

Para ello, será necesario medir la relación con los proveedores, la variedad de productos que se obtienen del sistema, los agentes con los que las organizaciones cooperan, así como las necesidades de éstas y la oferta disponible para poder satisfacer dichas necesidades.

7.- Atracción/Exportación de inversión extranjera/nacional

El principal objetivo de esta fase es la determinación del grado de apertura que tienen los Sistemas de Innovación, analizando el impacto que la cooperación con agentes pertenecientes a otros Sistemas de Innovación tiene sobre la economía regional.

Para ello, se analizará la atracción de inversión extranjera, el grado de penetración que ésta tienen sobre las redes establecidas regionalmente, y un análisis del modo de cooperación que se establece en cada sistema, observando el porcentaje de interacciones que se producen con agentes que pertenecen a otros Sistemas de Innovación, y el impacto que ello genera sobre la dinámica de las redes de innovación regionales.

8.- Políticas para el fomento de la cooperación

El objetivo principal de esta fase radica en medir las actuaciones que se promueven desde las respectivas administraciones regionales, para fomentar el trabajo en red, la cooperación y el establecimiento de redes, como por ejemplo tratando de identificar las condiciones legales y administrativas que se exigen para poder establecer cooperaciones por medio de proyectos con fondos públicos.

Este análisis también podría proporcionar una medida del cambio que se produce a nivel institucional, con lo que se podría relacionar con el hecho de que se produzcan o no efectos de lock-in en las regiones, y las inercias que éstas llevan.

9.- Difusión de las interacciones

En esta fase, se pretende analizar la intensidad que la difusión tiene en el ciclo de vida de los productos de un determinado sector. En función de la fase del ciclo de vida en las que se encuentren los principales productos de un sector, podremos identificar la intensidad y la cantidad de las cooperaciones que se producen. Así se podrían relacionar el grado de madurez de un Sistema de Innovación, con su tasa de interacción.

10.- Cualificación del personal

La formación y la cualificación de las personas que integran un Sistema de Innovación, constituye uno de sus principales pilares, ya que son ellas las que lo dotan de su capacidad de absorción y de generación de innovaciones, por lo que su análisis no podía quedar excluido en el trabajo.

Así, analizando la formación que tienen las personas que integran el Sistema de Innovación, y relacionando dicha medida con la tasa de interacción que se produce entre los diferentes entornos que constituyen el sistema, se podría observar como la formación del personal influye en la constitución de interacciones y en la dinámica de las mismas.

11.- Estudio de la labor de las EDI (Estructura de Interfaz) de cara al fomento de la cooperación.

Las Estructuras de Interfaz (EDI) desarrollan una labor muy importante de cara al fomento de las interacciones en los Sistemas de Innovación, facilitando las relaciones entre los agentes que lo constituyen.

Es por ello, por lo que el desarrollo de una clasificación de las Estructuras Intermedias o de Interfaz que se pueden encontrar en un Sistema de Innovación, puede ser de interés, ya que ello nos permitiría relacionar las estructuras con el tipo de interacción que se produce, y el impacto que la existencia de dichas EDIs tiene o no de cara a la difusión y establecimiento de las interacciones.

12.- Establecimiento de KIBS, Start-ups, Spin-offs, Manufactureras de Alta Tecnología.
Que la economía europea está cambiando, o debe hacerlo, es un hecho, debido al crecimiento que los países del este están desarrollando. Es por ello, por lo que una de las principales áreas en las que nuestras economías deben centrarse es la aparición de nuevas empresas de base tecnológica, de servicios avanzados o manufactureras de alta tecnología.

Por ello, la aparición de Empresas Intensivas en Servicios de Conocimiento (KIBS – Knowledge Intesnsive Business Services), de Start-ups y de Spin-offs refleja en gran medida el necesario cambio que se debe producir en nuestras economías.
De este modo, midiendo el nº de organizaciones de este estilo que se generan en un Sistema de Innovación, y observando sus interacciones, se podrá concluir si su tasa de interacción es mayor que las de las empresas "clásicas", con el consiguiente impacto que ello tiene de cara a la generación de innovaciones.

13.- Análisis de las redes en los entornos de un SRI.
En base a las fases desarrolladas con anterioridad, se podrá obtener una conclusión del tipo de redes que existen en los Sistemas de Innovación, de sus principales características, así como de su comportamiento dinámico.
Por medio de esta fase, se pretende incrementar el conocimiento que se haya podido extraer de las fases anteriores, analizando más en detalle medidas directamente relacionadas con las interacciones y la composición de los Sistemas de Innovación.

Así, tras analizar los diferentes entornos que se pueden diferenciar en un mismo Sistema de Innovación, y tras conocer los agentes que los constituyen, observando el tipo de interacción que se produce en cada uno de dichos entornos, podemos observar cuales son los principales nodos del sistema, es decir, aquellos agentes en los que mayor cantidad de interacciones se producen. De este modo, se conocerían los principales archipiélagos de un Sistema de Innovación, o dicho de otro modo, aquellos agentes que desempeñan un mayor peso específico en el total del sistema.

En relación con lo anteriormente expuesto, y como diversos autores han puesto de manifiesto en la literatura analizada, se han definido las condiciones necesarias para que se puedan establecer interacciones entre los agentes de un sistema. Así, si se analiza la existencia de dichas características en un sistema, se podrá determinar el

grado de relevancia de dichas condiciones, así como una relación entre la existencia o no de dichas condiciones y la tasa de interacción.

Por último, observando las áreas tecnológicas comunes entre los sectores que constituyen un Sistema de Innovación, y comparando dicha medida con las tasas de interacción que se producen en dichos sectores, se podrían conocer las áreas tecnológicas en las que más se coopera.

14.- Teoría de la complejidad

En base a la literatura analizada, y a los comentarios de diversos autores, se cree que la Teoría de la Complejidad podría ofrecer una línea de investigación interesante que podría abrir nuevas perspectivas en el análisis de los Sistemas de Innovación y en la comprensión de la dinámica de los mismos.

Es por ello, por lo que tal y como se ha indicado en la fase correspondiente a la revisión bibliográfica, la Teoría de la Complejidad y los principios de la misma, se aplicarán a lo largo de todo el trabajo de investigación de cara a la definición de medidas que ayuden a comprender y cuantificar y/o cualificar el comportamiento dinámico de las Innovation Networks.

15.- Relación-influencia de los actores en el comportamiento del sistema

Uno de los principales objetivos del presente trabajo de investigación radica en la determinación de la medida en la que las interacciones y la trayectoria histórica de las regiones influyen en la dinámica de los Sistemas de Innovación. Es por ello, por lo que al tratar del Concepto de Sistema, el comportamiento sistémico de los agentes que lo constituyen se torna en un punto de interés.

Así, las anteriores fases, y en base a las medidas que se hayan podido emplear a lo largo de las mismas, para poder explicar la dependencia y la relación existente entre los agentes del sistema, de cara a explicar el comportamiento sistémico del mismo, comparando la evolución que algunas de las medidas empleadas tienen en el conjunto del sistema, con la evolución que la misma medida tiene en una serie de actores, como por ejemplo aquellos que hayan sido identificados como los más relevantes de cara a las interacciones en base a su identificación como nodos del sistema, se podría identificar si el sistema se comporta como un todo o si por el contra lo hace como una suma de un conjunto de agentes que no influyen los unos sobre los otros.

16.- Simulación de modelos ya creados

A lo largo del trabajo, se ha podido observar como no solo la generación de un modelo teórico que trate de explicar el efecto que las interacciones tienen en un Sistema de Innovación constituye uno de los focos de atención, sino que el análisis empírico también resulta de interés.

Es por ello, por lo que a lo largo del trabajo, será necesario compaginar el desarrollo de medidas y su cuantificación en base a medidas reales, como la generación de un modelo de simulación que nos permita explicar el comportamiento del mismo, las variables que tienen un mayor impacto y la posible evolución que pueda tener el Sistema de Innovación.

17.- Desarrollo de un modelo de simulación que permita incrementar el conocimiento acerca de la dinámica y de la medición de las interacciones de un modo estático.

Para poder construir un modelo de simulación como el indicado, será necesario abordar el desarrollo de otras tareas, como la identificación de los principales modelos de simulación que hayan sido construidos con anterioridad con el objetivo de analizar las interacciones en los Sistemas de Innovación, las Redes Sociales o las Innovation Networks, lo cual se podrá deducir del análisis de la bibliografía realizado, así como una revisión de los principales softwares de simulación que permitan la construcción de estos modelos de simulación, para poder escoger aquel software que mejor se adecue a nuestras necesidades.

En un primer paso, la principal meta de esta fase será la construcción de un modelo de simulación estático, que trate de reflejar el estado de las interacciones (a pesar de sus dinámicas) que se producen en un Sistema de Innovación.

Para poder desarrollar esta fase, y construir el modelo de simulación, una actividad horizontal a realizar consistirá llevar a cabo un análisis gráfico del Sistema de Innovación, en el que puedan visualizarse los posibles tipos de interacciones que se producen en el mismo.

18.- Ajustar el comportamiento del modelo de simulación así como de las medidas empleadas, comparando los resultados obtenidos en las simulaciones con las medidas obtenidas del análisis real de dichas redes.

A pesar de que muchas de las medidas relacionadas con las interacciones de los Sistemas de Innovación, no serán cuantificables, para poder aproximar el comportamiento del modelo de simulación creado al comportamiento real del Sistema lo más posible, se requerirá hacer uso del conocimiento tácito existente en las regiones objeto de análisis y en sus Sistemas Sectoriales de Innovación, para así poder conseguir el objetivo de esta fase.

Una vez que el modelo de simulación se haya ajustado tanto como sea posible al comportamiento real de las Innovation Networks, se tratará de darle al mismo un comportamiento dinámico, en base a la evolución que las medidas objeto de análisis hayan llevado durante los últimos años.

19.- Determinar y evaluar el impacto que la trayectoria histórica y tecnológica de las regiones tiene sobre las dinámicas de las Innovation Networks y de las Interacciones en los Sistemas de Innovación.

Para poder desarrollar esta parte del trabajo, de grado ciertamente más empírico, se dividirá el trabajo en dos fases cada una de ellas con un objetivo concreto. Para poder desarrollar cada una de ellas, será necesario identificar tanto los sectores como las regiones europeas objeto de análisis, en las que se vaya a aplicar el modelo desarrollado así como las medidas identificadas:

a) Por un lado, se tratará de analizar la dinámica de las interacciones en algunos de los sectores que componen el Sistema de Innovación del País Vasco,
b) Por otro lado, se analizarán las dinámica de las interacciones en un sector presente en varias regiones europeas.

De esta manera, como se espera que las medidas obtenidas del trabajo previo reflejen las diferencias que la dinámica de las interacciones tienen en los dos casos anteriores, será posible predecir en qué medida la trayectoria histórica de las regiones limita la creación, desarrollo y dinámica de las interacciones en sus respectivos Sistemas de Innovación.

Para poder llevar a buen puerto esta fase, será necesario profundizar en las características y en la evolución que tanto la historia como el desarrollo tecnológico y las políticas de innovación han llevado en las regiones y en los sectores seleccionados.

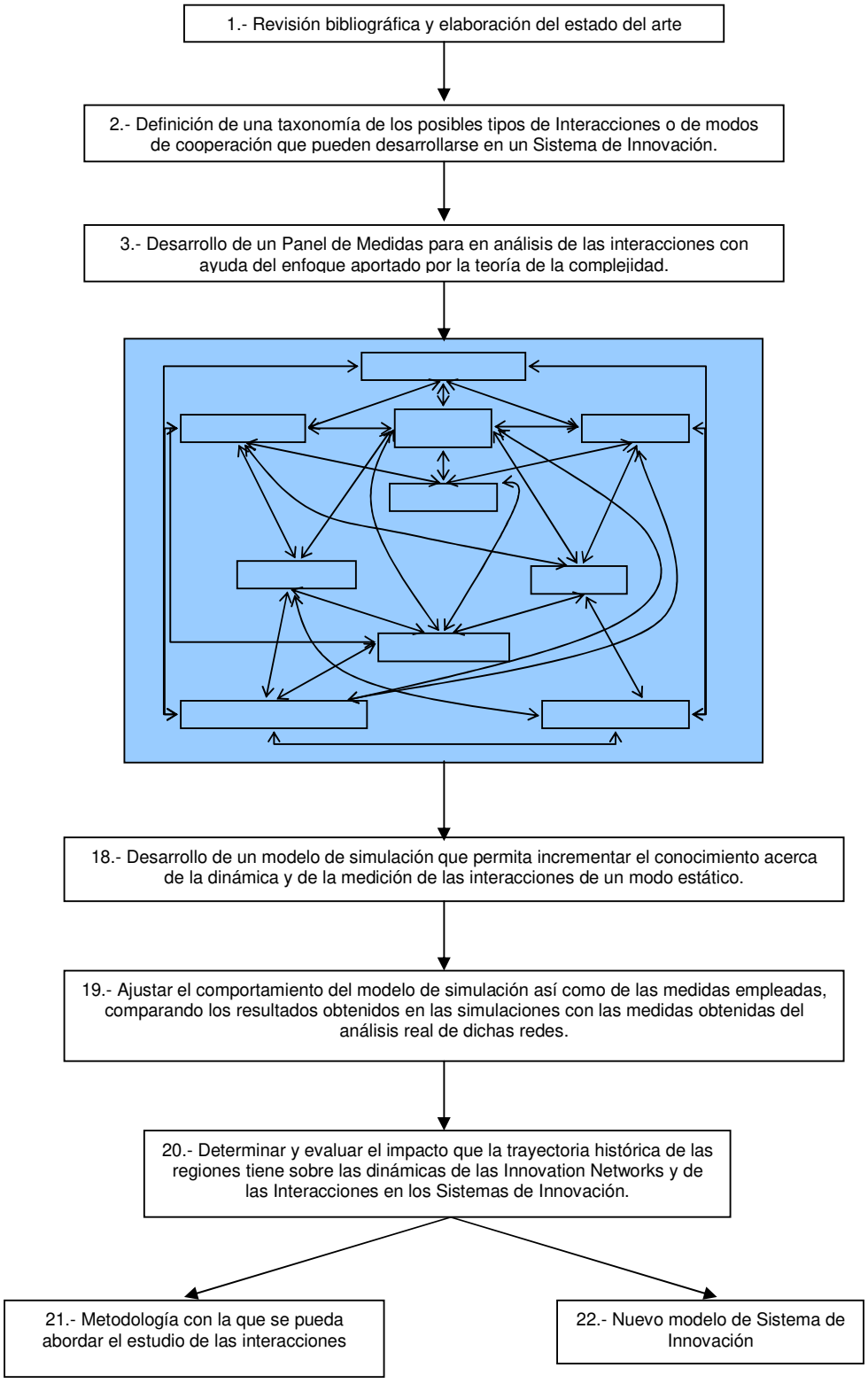
Una vez que se hayan llevado a cabo estas últimas fases, y tras haber obtenido resultados empíricos tanto con el modelo de simulación construido, así como con el análisis regional y sectorial realizado, se llevará a cabo una comparación entre ellos, para así poder determinar la adaptación que tanto el modelo como las medidas construidas tienen con los sistemas reales, e identificar sus principales deficiencias y áreas de mejora.

20.- Finalmente, y haciendo uso de las experiencias y conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo realizado, se obtendrá una *metodología con la que se pueda abordar el estudio de las interacciones* que se producen a modo de Innovation Networks y la influencia que estas tienen de cara a la evolución de los Sistemas de Innovación.

21.- Obtención de un *nuevo modelo de Sistema de Innovación*, que trate de aportar un mayor conocimiento sobre el efecto que las interacciones y la trayectoria histórica de las regiones tienen sobre el enfoque que los Sistemas de Innovación tratan de aportar sobre el crecimiento económico y social de una determinada región.

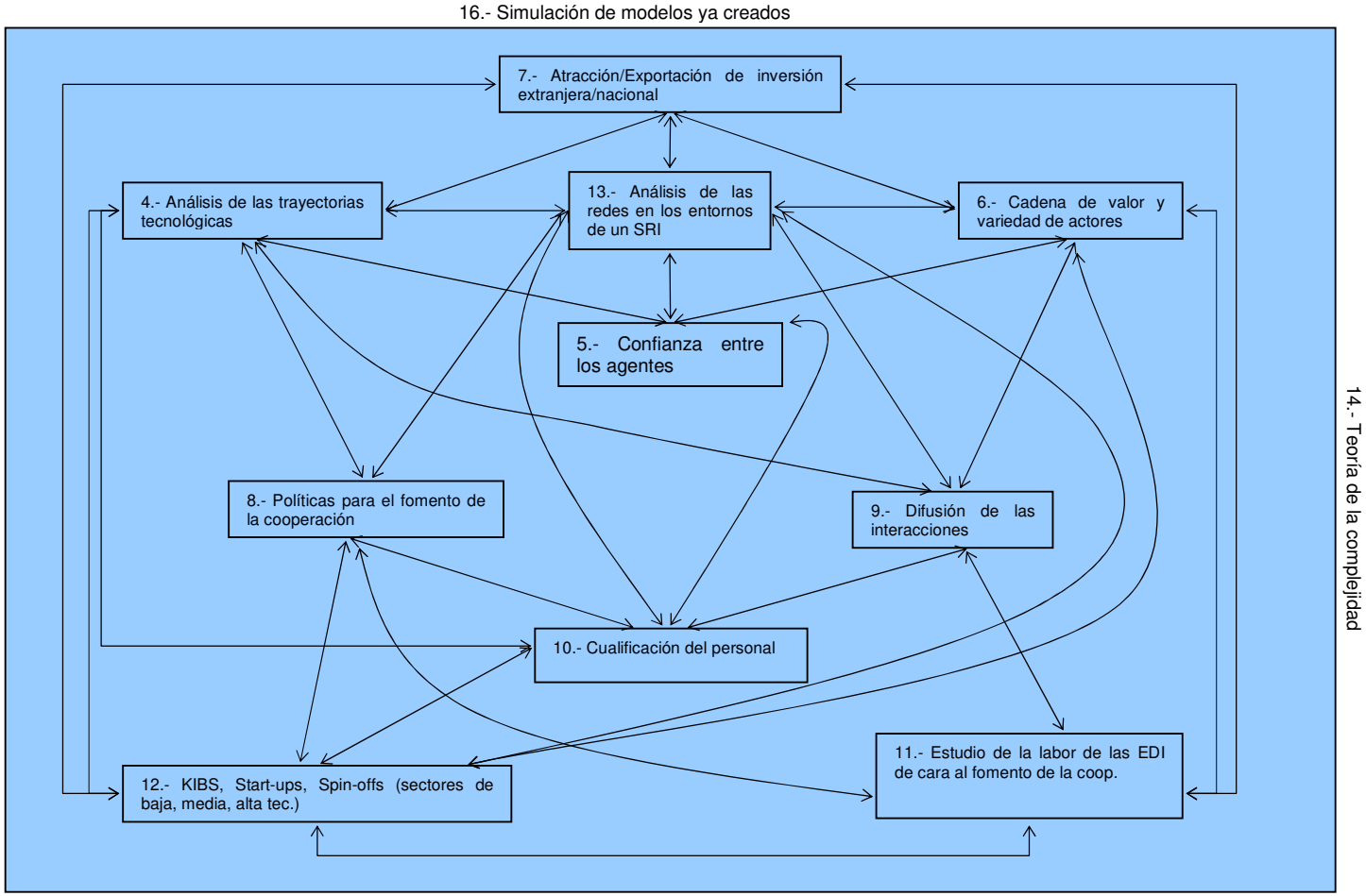
A continuación, podemos observar la representación gráfica de las fases en las que se espera desarrollar el trabajo de investigación, y las relaciones de precedencia existentes entre ellas:

Fig. 8: Diagrama de tareas del Trabajo de Investigación de cara a la Elaboración de la Tesis Doctoral.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 9: Diagrama de tareas del Proceso Central del Trabajo de Investigación de cara a la Elaboración de la Tesis Doctoral.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Principales resultados esperados

Debido a que el objetivo principal de la investigación radica en analizar y medir las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación, observando la influencia que sobre ellas tiene la trayectoria histórica (path – dependence) de las regiones, uno de los principales resultados que se espera obtener con la conclusión de la tesis, será una metodología que permita medir dichas interacciones, y con la cual se pueda incrementar el conocimiento sobre el Sistema de Innovación.

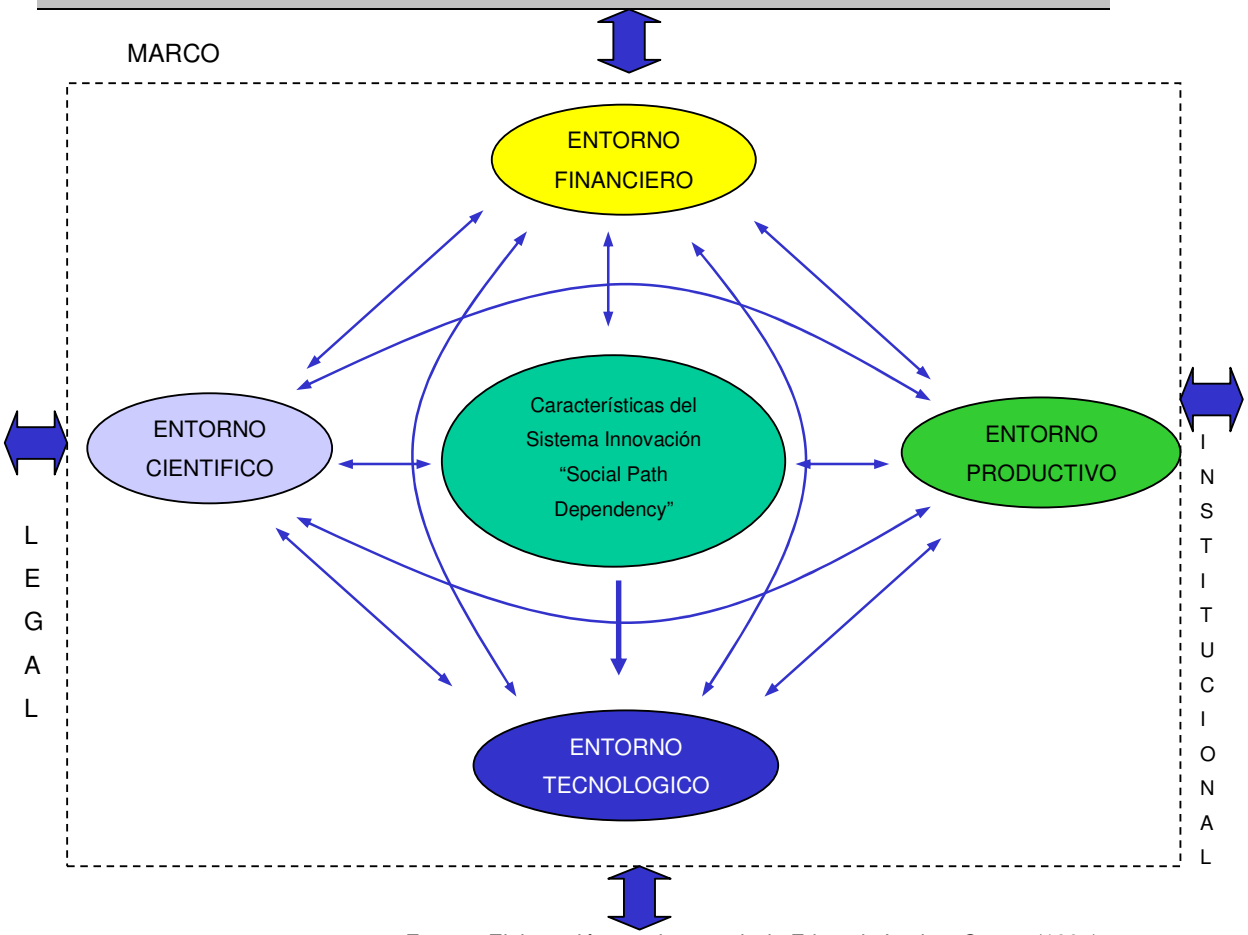
Además de dicha metodología y en base tanto a las preguntas como a las hipótesis formuladas al comienzo de la investigación, se observará si las diferencias observadas en los Sistemas Regionales y Sectoriales de Innovación analizados, se deben a la trayectoria histórica y tecnológica que éstos han seguido.

Por su parte, uno de los principales pilares de la tesis radica en el desarrollo de los modelos de Simulación, ya que debido a la dificultad que supondrá el conseguir datos reales referentes a las interacciones, algunas de las hipótesis deberán ser contrastadas en base a los resultados que se obtengan de las simulaciones realizadas.

Por último, y como consecuencia de lo anteriormente expuesto, se tratará de definir un Modelo de Sistema de Innovación en el que se reflejen tanto las trayectorias históricas de los territorios, en que las medidas de Capital Social adquirirán un peso importante, como las interacciones ocurridas entre sus agentes.

Inicialmente y tras los estudios realizados a lo largo del proyecto de investigación, creemos que un posible modelo de partida en el que se consideren estos dos hechos podría ser el siguiente:

Fig. 10: Modelo de Sistema de Innovación



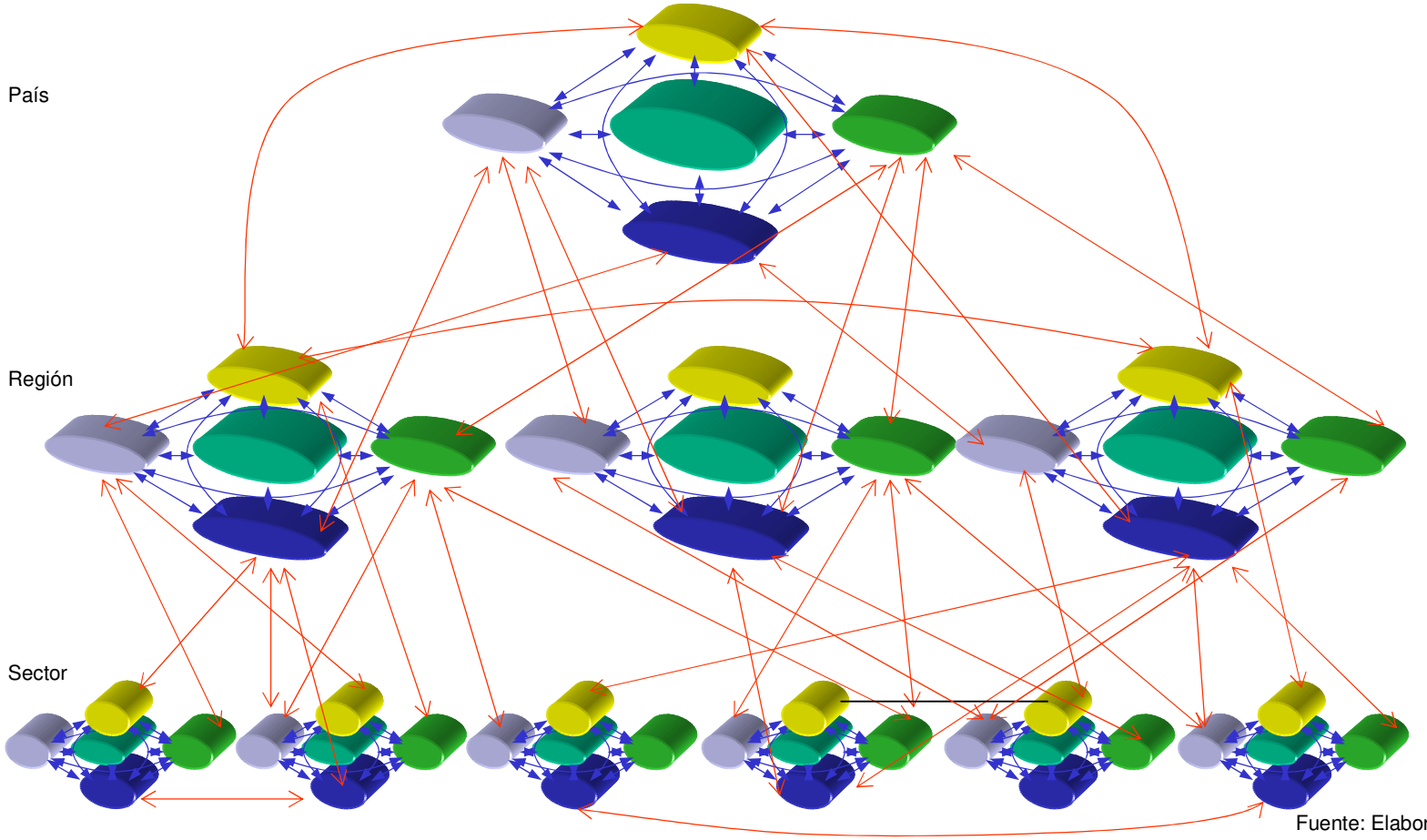
Fuente: Elaboración propia a partir de Fdez. de Lucio y Castro (1995).

Con la ayuda de este modelo inicial, se tratará de centrar la atención en la importancia que las interacciones tienen en los Sistemas de Innovación, así como la dependencia que la evolución de estos tienen de la trayectoria histórica del territorio objeto de estudio, lo cual queda reflejado en el círculo central al que se ha denominado "Social Path Dependency". Este complejo Sistema en el que se identifican las trayectorias históricas de las regiones, así como su cultura y valores, pretende ser el núcleo del Sistema de Innovación, ya que será éste el que determine el grado de evolución y la forma en la que ésta se vaya a producir en base a las características que dicho territorio haya ido adoptando a lo largo de su historia. Es por ello por lo que las medidas de Capital Social, adquirirán relevancia en este aspecto central.

En dicho modelo se pueden observar como las interacciones se pueden producir en todos los sentidos entre los agentes que constituyen los Sistemas de Innovación, cada uno de los cuales quedará enmarcado en un determinado Entorno; El Financiero en el caso de aquellos agentes relacionados con la financiación, como las instituciones de Capital Riesgo, los bancos, cajas de ahorro, administraciones nacionales y regionales, etc., el Productivo para aquellas organizaciones dedicadas a la producción de bienes, las cuales absorben principalmente desarrollos tecnológicos, el Tecnológico en el caso de aquellas organizaciones que principalmente absorben conocimiento científico para el desarrollo de avances tecnológicos, y el Científico por último para aquellas organizaciones dedicadas a producir avances en el conocimiento. Todo ello, enmarcado por el conjunto de normas y leyes que cada uno de los gobiernos (nacional, regional, local, etc.), clusters u otro tipo de instituciones hayan acordado para el establecimiento de un marco en el que poder desarrollar la economía (Fdez. de Lucio y Castro, 1995).

Sin embargo, a las anteriores interacciones hay que incluir aquellas que se pueden producir con aquellos agentes que pertenezcan a otros Sistemas de Innovación diferentes del estudiado. Para ello, se pretende dotar de una dimensión espacial al anterior modelo como se podrá observar en la siguiente figura 11. En base a este modelo se pretende reflejar el grado de apertura de los Sistemas de Innovación, ya que como se ha indicado con anterioridad, éstos son abiertos y dinámicos, por lo que tienen que estar en continuo crecimiento y relación con el entorno que les rodea.

Fig. 11: Modelo de Sistema de Innovación abierto al entorno



Fuente: Elaboración propia.

Como se ha podido observar, por medio de los modelos gráficos es posible identificar las interacciones que un Sistema de Innovación, establece con los agentes de otros Sistemas de Innovación, con lo que es posible conferir a estos de un carácter de apertura hacia otros sistemas socio-técnicos.

Posteriormente, y por medio de softwares de simulación (Baba, Yarime, Shichijo, Nagahara, 2004) será posible determinar los nodos que mayor peso específico tienen en cada una de las redes de innovación.

Con el modelo de Sistema de Innovación que se ha observado en la Fig. 11 además es posible analizar un Sistema de Innovación desde diferentes perspectivas. Así, en función de las necesidades que tenga la persona que quiere analizar un determinado Sistema de Innovación, nacional, regional, local, sectorial, etc. la diferencia radicará en el plano en el que dicha persona deberá situarse. Es decir, si en el ejemplo de la Fig. 11 se desea analizar un Sistema Regional de Innovación, la persona deberá analizar el comportamiento desde el plano Regional. Así las interacciones que se producen a nivel sectorial, ya irán introducidas en el plano regional. Si del mismo modo se desea analizar un Sistema Nacional, deberá situarse en el plano Nacional, con lo cual las interacciones producidas a escala regional ya quedarían incluidas. En este caso, y debido a problemas de espacio, no ha sido posible mostrar las posibles interacciones que podrían ocurrir entre diversos Sistemas Nacionales de Innovación.

Finalmente y en vistas de los posibles resultados a obtener a lo largo de la tesis, se podría replantear el concepto de Sistema de Innovación, en miras de un nuevo concepto que aporte una mayor claridad, en caso de que no se consiga medir las interacciones producidas en el interior de dichos sistemas.

De esta forma, y genéricamente hablando las aportaciones que la tesis podría realizar estarían orientadas en primer lugar a los Indicadores de la Economía de la Ciencia y la Tecnología, a través de la definición de las medidas que nos pudieran servir para conocer las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación, y en segundo lugar, al diseño e implementación de Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación más eficientes de cara a incrementar la competitividad de los Sistemas Regionales de Innovación.

4.- Conclusiones

A lo largo del presente documento se han mostrado diversos aspectos relacionados con la bibliografía referente a los Sistemas de Innovación. En primer lugar, se ha mostrado el marco de los Sistemas de Innovación, en el cual se va a desarrollar la investigación, remarcando las principales deficiencias o áreas de mejora que las futuras investigaciones deberían aclarar, y que diversos autores muestran en sus trabajos. Así, se ha mostrado la relevancia del papel que desempeñan las interacciones en los Sistemas de Innovación, así como la necesidad de emprender una investigación que trate de cubrir y paliar esta necesidad.

Recientemente, son varios los autores que han abordado dicha necesidad, definiendo una nueva perspectiva en los Sistemas de Innovación, a través de las Innovation Networks. Así, su evolución, definición y algunos de los principales trabajos empíricos realizados han sido mostrados en el primer capítulo. Del mismo modo, y a pesar de los estudios realizados, se ha hecho hincapié sobre la ausencia de medidas relacionadas directamente con las interacciones.

Como una gran parte de los autores admiten al tratar de ofrecer una definición de una Innovation Networks y de las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación, una de las principales características de las mismas es su complejidad y dinamismo. Esta es la razón por la que la Teoría de la Complejidad parece constituir una interesante línea de investigación que puede contribuir a paliar la ausencia de medidas relacionadas con las interacciones en los Sistemas de Innovación.

Finalmente, y como muestra la bibliografía (Nelson, ed., 1993) las características de los Sistemas de Innovación difieren de un modo importante de unos países, regiones, territorios, sectores, etc. a otros. Es por ello, por lo que el análisis del impacto que la trayectoria histórica seguida por cada uno de los territorios se convierte en sumamente interesante, ya que ellos nos permitirá conocer la facilidad/dificultad que por tradición, unos territorios tienen de cara a la generación de Innovaciones.

Para poder demostrar lo anteriormente expuesto, en el Capítulo 2.1.1 del presente documento, y en base a las medidas disponibles en la actualidad en el Instituto Nacional de Estadística, se ha realizado un análisis de las características que la cooperación tiene en dos Sistemas Sectoriales, observándose claramente la influencia que sobre ellas juega no solo la trayectoria tecnológica seguida por dichos sectores, sino también la dedicación a actividades de I+D. Debido a la inexistencia de datos regionalizados en la actualidad no se ha podido realizar una comparación regional en este marco, a pesar de que la determinación de las diferencias regionales constituya uno de los principales objetivos de la investigación.

A lo largo de la elaboración de la tesis doctoral, y como se ha podido ver a lo largo del proyecto de investigación, el objetivo es el de construir una variedad de indicadores relacionados con las interacciones de los Sistemas de Innovación, de tal manera que al finalizar la misma se puedan observar no solo la relevancia que el territorio juega sobre su difusión y desarrollo, sino también los distintos comportamientos que éstas tienen en función de los diversos aspectos que abarca un Sistema de Innovación.

5.- Bibliografía

- Ahrweiler, P., de Jong, S., Windrum, P., 2002. Evaluating Innovation Networks, in Pyka, A., Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 197-212.
- Alänge, S., Jacobsson, S., 1993. *Some aspects of an analytical framework for studying the diffusion of organizational innovations*. Mimeo, Department of Industrial Management and Economics, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Andersen, S. E., 1992. Approaching National Systems of Innovation from the Production and Linkage Structure, in Lundvall, B.-A. (ed.). *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London. Pinter, p.p. 68-92.
- Andersen, S. E., 1996. From static structures to dynamics: specialization and innovative linkages, in DeBresson, C. (ed.). *Economic Interdependence and Innovative Activity: An Input-Output Analysis*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 331-353.
- Andersen, E. S., 1997. Innovation Systems: Evolutionary Perspectives, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 174-179.
- Andersen, E. S., Lundvall, B.-A., 1997. National innovation systems and the dynamics of the division of labor, in Edquist, C. (ed.) 1997. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter.
- Archibugi, D., 1988. In search of a useful measure of technological innovation, *Technological Forecasting and Social Change*, 34; p.p. 253-277.
- Archibugi, D., Howells, J., Michie, J. (eds.), 1999. *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Archibugi, D., Iammarino, S., 1999. The policy implications of the globalisation of innovation, in Archibugi, D., Howells, J., Michie, J. (eds.). *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge, Cambridge University Press, p.p. 242-271.
- Asheim, B.T,. Isaksen, A., 1997. Location, agglomeration and innovation: towards regional innovation systems in Norway, *European Planning Studies*, 5(3); p.p. 299-330.

- Asheim, B.T., Isaksen, A., 2000. Los sistemas regionales de innovación, las PYMES y la política de innovación, in Olazaran, M., Gómez-Uranga M. (eds.). *Sistemas Regionales de Innovación*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, p.p. 93-114.
- Autio, E.,Hameri, A.P., Vuola, O., 2004. A framework of industrial knowledge spillovers in big-science centres. *Research Policy 33 (2004) p.p. 107–126.*
- Baba, Y., Yarime, M., Shichijo, N., Nagahara, Y., 2004. The Role of University – Industru Collaboration in New Materials Innovation: Evolving Networks of Joint Patent Applications. *Paper prepared for the International Schumpeter Society Conference "Innovation, Industrial Dynamics and Structural Transformation: Schumpeterian Legacies"*, Bocconi University, Milan 9-12 June, 2004.
- Balzat, M. and Hanusch, H., 2003. Recent trends in the Research on National Innovation Systems, *Beitrag*, no. 254; p.p. 1-18.
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., Freeman, L.C., 1999. *Ucinet 5 for Windows: Software for Social Network Analysis*, Natick: Analytic Technologies.
- Breschi, S., Malerba, F., 1997. Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 130-156.
- Briggs, J., Peat, F.D., 1999. *Las siete leyes del caos: Las ventajas de una vida caótica*. Barcelona, Grijalbo.
- Callon, M., Law, J., 1989. On the construction of sociotechnical networks: Content and context revisited. *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present*, 8; p.p. 57-83.
- Caracostas, P., Soete, L., 1997. The Building of Cross-Border Institutions in Europe: Towards a European System of Innovation?, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 395-419.
- Carlsson, B., Jacobson, S., 1997. Diversity Creation and technological Systems: A Technology Policy Perspective, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 266-294.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R., 1991. On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2); p.p. 93-118.
- Chang PL., Shih, HY., 2004. The Innovation Systems of Taiwan and China : A Comparative Analysis, *Technovation,* Volume 24, Issue 7, July 2004, p.p. 529-539.

- Chesnais, F., 1995. Convergence and divergence in technology strategies, in Hagedoorn J. (ed.) 1995. *Technical Change in the World Economy*, Aldershot, Edward Elgar.
- Cooke, P., Morgan, K., 1993. The Networks Paradigm: New departures in corporate and Regional Development, *Society and Space*, 11; p.p. 543-546.
- Cooke, P., Boekholt P., Tödtling, F., 2000. *The Governance of Innovation in Europe*, London and New York, Pinter.
- Cozzens, S., Healey, P., Rip, A., Ziman, J. (eds.), 1990. *The Research System in Transition*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- DeBresson, C./Amesse, F., 1991. Networks of innovators. A review and introduction to the issue, *Research Policy*, 20; p.p. 363-379.
- den Hertog, P., Roelandt, Theo J.A., Boekholt, P., van der Gaag, H., 1995. *Assesing the Distribution Power of National Innovation Systems Pilot Study: The Netherlands*. Apeldoorn, TNO.
- Edquist, C. (ed.), 1997. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter.
- Ehrnberg, E., Jacobsson, S., 1997. Technological Discontinuities and Incumbents' Performance: An Analytical Framework, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 318-341.
- Enright, M.J., 1994. Regional Clusters and firm strategy. Paper presented at the Prince Bertil Symposium, The Dynamic Firm, Stockholm, 12-14 June.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (eds.), 1997. *Universities in the Global Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Cassell Academic, London.
- European Planning Studies, Vol. 8, Not. 4, 2000.
- Fernández de Lucio, I., Castro, E., 1995. La nueva política de articulación del Sistema de Innovación en España. VI Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica, ALTEC, Concepción (Chile).
- Fernández de Lucio, I., Gutiérrez Gracia, A., Jiménez Sáez, F., Azagra Caro, J., 2000. El Sistema Valenciano de Innovación en el inicio del siglo XXI. *Revista Valenciana d'Estudis Autonòmics*, no. 30; p.p. 7-64.
- Fornhal, D., Brenner, T. (eds.), 2003. *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar.
- Fransman, M., 1990. *The Market and Beyond*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Freeman, C., 1987. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan,* London: Pinter.
- Freeman, C., 1991. Networks of innovators: A synthesis of research issues, *Research Policy*, 20; p.p. 499-514.
- Freeman, C., 1995. The National System of Innovation in historical perspective, *Cambridge Journal of Economics*, 19; p.p.5-24.
- Frenken, K., 2000. A complexity approach to innovation networks. The case of the aircraft industry (1909-1997). *Research Policy*, 29; p.p. 257-272.
- Furman, J.L., Porter, M.E., Stern, S., 2002. The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 31 (6), p.p. 899-933.
- Galli, R., Teubal, M., 1997. Paradigmatic shifts in national innovation systems, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 342-370.
- Guerrieri, P., Tylecote, A., 1997. Interindustry Differences in Technical Change and National Patterns of Technological Accumulation, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 107-129.
- Hayles, N.K., 1998. *La evolución del caos: El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas*. Barcelona, Editorial Gedisa.
- Instituto Nacional de Estadística, INE, 1998. Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas.
- Instituto Nacional de Estadística, INE, 2000. Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas.
- Instituto Nacional de Estadística, INE, 2002. Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas.
- Isaksen, A., 2003. Lock-in of Regional Clusters: The Case of Offshore Engineering in the Oslo region, in Fornhal, D. and Brenner, T. (eds.). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 247-273.
- Jacobsson, S., 1997. Systems Transformation: Technological and Institutional Change, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 295-297.
- Johnson, B., 1992. Institutional Learning, in Lundvall, B.-A. (ed.), 1992. *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London. Pinter.

- Kauffman, S.A., 1993. *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford, Oxford University Press.
- Kautonen, M., 2000. El Sistema de innovación regional desde la perspectiva de las trayectorias tecnológicas, in Olazaran, M., Gómez-Uranga M. (eds.). *Sistemas Regionales de Innovación*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, p.p. 135-156.
- Koschatzky, K., 2001. Networks in Innovation Research and Innovation Policy – An Introduction, in Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 3-23.
- Koschatzky, K., 2002. Fundamentos de la Economía de Redes. Especial Enfoque a la Innovación. *Revista Economía Industrial,* 346; p.p. 15-26.
- Koschatzky, K., 2003. Entrepreneurship Stimulation in Regional Innovation Systems – Public Promotion of University-based Start-Ups in Germany, in Fornhal, D. and Brenner, T. (eds.). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 277-302.
- Koschatzky, K., Bross, U., 2001. Innovation Networking in a Transition Economy: Experiences from Slovenia in Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 127-152.
- Koschatzky, K., Kulicke, M., Zenker, A. (eds.), 2001. *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag.
- Landabaso, M. Oughton, C., Morgan, K., 2001. Innovative Networks and Regional Policy in Europe, in Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 243-273.
- Leydesdorff, L., Schrnhorst, A., 2003. Measuring the Knowledge Base. A program of Innovation Studies. *Report written for the "Förderinitiative Science Policy Studies" of the German Bundesministerium für Bildung und Forschung.* Amsterdam.
- Lorenz, E. N., 1995. *La esencia del caos. Un campo de conocimiento que se ha convertido en parte importante del mundo que nos rodea*. Madrid, Editorial Debate.
- Lundvall, B.-A. (ed.), 1992. *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London. Pinter.

- Lutz, A., Sydow, J., Staber, U., 2003. TV Content Production in Media Regions: the Necessities and Difficulties of Public Policy Support for a Project-based Industry, in Fornhal, D. and Brenner, T. (eds.). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 194-219.
- Metcalfe, J.S., 1992. *The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives*. Mimeo, University of Manchester.
- Muller E., 2001. Knowledge, Innovation Processes and Regions, in Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 37-51.
- Navarro Arancegui, Mikel, 2002. La cooperación para la innovación en la empresa española desde una perspectiva internacional comparada. *Revista Economía Industrial*, 346; p.p. 47-66.
- Nelson, R.R. and Winter, S.G., 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA and London: Belnap.
- Nelson, R.R. (ed.), 1993. *National Innovation Systems: A comparative Analysis*, New York, Oxford University Press.
- Nelson, R.R., Rosenberg, N., 1993. Technical innovation and national systems, in Nelson, R.R. (ed.). *National Innovation Systems: A comparative Analysis*, New York, Oxford University Press, p.p. 3-21.
- Niosi, J., Bellon, B., 1994. The global interdependence of national innovation systems: evidence, limits and implications. *Technology in Society*, 16 (2), p.p. 173-197.
- Nooteboom, B., Gilsing, V.A., 2004. Density and strength of ties in innovation networks: a competence an governance view. Working paper 04.01. Department of Technology Management, Eindhoven Centre for Innovation Studies, The Netherlands.
- North, D., 1994. Economic Performance through time. *American Economic Review*, 84 (3).
- OECD, 1992. *Technology and the Economy, The key relationships*, París
- Olazaran, M., Gómez-Uranga M. (eds.), 2000. *Sistemas Regionales de Innovación*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Pavitt, K., 1984. Sectoral Patterns of Technical Change, *Research Policy*, 13; p.p. 343-373.

- Pilon, S., DeBresson, C., 2003. Local Culture and Regional Innovation Networks : Some Propositions, in Fornhal, D. and Brenner, T. (eds.). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 15-37.
- Pleschak, F., Stummer, F., 2001. East German industrial research; improved competitiveness through innovative networks, in Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 175-189.
- Porter, M., 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press, New York.
- Porter, M., Stern, S., 2002. National Innovative Capacity, in *World Economic Forum 2002, The Global Competitiveness Report 2001-2002*. Oxford University Press, New York.
- Pyka, A., Gilbert, N.G., Ahrweiler, P., 2002. Simulating Innovation Networks, in Pyka, A. and Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 169-196.
- Pyka, A., Küppers G., 2002. The Self-Organisation of Innovation Networks: Introductory Remarks, in Pyka, A. and Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 3-21.
- Pyka, A., Küppers G. (eds.), 2002. *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Pyka, A., Saviotti, P.P., 2002. Innovation Networks in the Biotechnology-Based Sectors, in Pyka, A. and Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 75-107.
- Radosevic, S., 1997. Systems of Innovation in Transformation: From Socialism to Post – Socialism, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 371-394.
- Revilla Díez, J., 2001. Innovative Links between Industry and Research Institutes – How Important Are They for Firm Start Ups in the Metropolitan Regions of Barcelona, Vienna and Stockholm? In Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 93-108.
- Rip, A., VanderMeulen, B., 1996. The post-modern research system. *Science and Public Policy*, 23(6); p.p. 343-352.
- Romer, P., 1990, Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy* 98 (5), p.p. 71-102.

- Sábato, J., 1975. *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Paidós, Buenos Aires.
- Saviotti, P.P., 1997. Innovation systems and evolutionary theories, in Edquist, C. (ed.). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London. Pinter, p.p. 180-199.
- Saviotti, P.P. (ed.), 2003. *Applied Evolutionary Economics: New Empirical Methods and Simulation Techniques*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Saxenian, A., 1994. *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge, M.A. and London: Harvard University Press.
- Scherer, F.M., 1982. Inter-industry technology flows in the US, *Research Policy*, 11; p.p. 227-245.
- Schumpeter, J. (1939). *Business cycles, a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*, MacGraw-Hill, Nueva York.
- Seri, P., 2003. Learning Pathologies in Losing Areas: Towards a Definition of the Cognitive Obstacles to Local Development, in Fornhal, D. and Brenner, T. (eds.). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 128-148.
- Simulating Self-Organizing innovation networks" -SEIN- funded y the European Community under the Targeted Socio-Economic Research (TSER) Programme, contract #SOEI-CT-98-1107
- Smith, K., 1995. Les interactions dans les systémes de connaissances: justifications, conséquences au plan de l'action goubernamentale et méthodes emperiques. *STI Revue,* nº 16, pp. 75-114, OEDC, París.
- Tappi, D., 2003. On the Unit of Analysis in the Study of Networks, in Fornhal, D. and Brenner, T. (eds.). *Cooperation, Networks and Institutions in Regional Innovation Systems,* Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 149-170.
- Vaux , J., Gilbert, N., 2002. Innovation Networks by Design: The Case of Mobile VCE, in Pyka, A. and Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 55-74.
- Vázquez Barquero, A., 1999. *Desarrollo, redes e innovación: lecciones sobre desarrollo endógeno*, Madrid, Ediciones Pirámide.
- Weber, K.M., 2002. Innovation Networks and the Transformation of Large Socio-Technical Systems: The Case of Combined Heat and Power Technology, in Pyka, A. and Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 133-165.

- Windrum, P., 2002. The Role of Knowledge-Intensive Business Services (KIBS) in e-commerce, in Pyka, A. and Küppers G. (eds.). *Innovation Networks: Theory and Practice*, Cheltenham, Edward Elgar, p.p. 108-132.
- Zenker, A., 2001. Innovation, Interaction and Regional Development: Structural Characteristics of Regional Innovation Strategies, in Koschatzky, K., Kulicke, M. and Zenker, A. (eds.). *Innovation networks: Concepts and Challenges in the European Perspective*, Heidelberg, Physica-Verlag, p.p. 207-222.
- Zuscovitch, E., Justman, M., 1995. Networks, sustainable differentiation, and economic development, in Batten, D., Casti, J. and Thord, R. (eds.), Networks in Action, Economics and Human Knowledge, Berlin. Springer-Verlag, p.p. 269-286.
- Zyman, J., 1994. *Prometheus Bound: Science in a Dynamic Steady State*. Cambridge University Press, Cambridge.

6.- Introduction

The aim of the present thesis proposal is to define a methodology to measure the interactions among the agents involved in a System of Innovation, due to the fact that the literature agrees in a lack of measures in this respect.

The conceptualization of Regional Innovation Systems (Cooke and Morgan, 1993) can be understood like an extension and adaptation arisen from the concept of National Innovation Systems defined in the works of Freeman (1987), Nelson (ed., 1993) and Lundvall (ed., 1992) and in the subsequent development of Edquist (ed., 1997). It consist of analyzing the existence of actors (institutions, clusters, universities, industries…) and regional competences, and the interactions into Innovation Networks among them, providing regional authorities with a tool to define policies to increase competitiveness.

A first stream work in which relations and flows among the main agents of an Innovation System are shown, is the one made up by the works of Scherer, (1982), Pavitt (1984), Archibugi (1988), Galli and Teubal (1997), DeBresson (ed., 1996). Another is due to Andersen (1992, 1996) on Innovation Systems, using "graph theory" and simulation models (Andersen and Lundvall, 1997).

Recently, some different research projects can be found in which relations established among the agents in Innovation Systems are studied (European Planning Studies, Vol. 8, Not. 4, 2000). Besides, diverse simulation models created to measure the characteristics of Innovation Systems in different environments (Simulating Self-Organizing innovation networks" -SEIN-) are also detailed.

There is a growing need to elaborate indicators that allow to predict changes in the regional innovation capacity beyond those employed in the linear model. We have also noticed the need to measure other processes such as those related to institutional relations and the creation of networks, in order to evaluate innovation policies (Zenker, 2001; Landabaso, Oughton, Morgan, 2001; Saviotti, 1997; Archibugi, Howells and Michie, eds., 1999). This is supported by the fact that several policies fostering innovation have been defined, such as RIS, RTP, RITTS, etc…

In this context, and due to the importance of co-operation practices within Regional Innovation Systems, the present research project tries to contribute with a model as well as an Indicator Scoreboard which helps quantify the interrelations that occur among the agents in an Innovation System.

7.- Conceptual framework: need of interactions' measurements

The Systems of Innovation approach (Freeman, 1987; Lundvall ed., 1992; Nelson and Rosenberg, 1993; Freeman, 1995; Edquist ed., 1997) is mainly based on the interactive learning theory (Lundvall ed., 1992) which emphasises the linkages among several agents aiming at producing innovations. It consists of analyzing the existence of actors (institutions, clusters, universities, industries…), their competences, and the interactions within Innovation Networks, providing (national, regional, local) authorities with a tool to define policies.

It is possible to find several definitions on the concept of System of Innovation in the literature:

> "network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies" (Freeman, 1987).
>
> "a number of elements and the relationships between these elements… which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful knowledge…" (Lundvall ed., 1992)
>
> The National Systems of Innovation are constituted by "interconnected agents" that interact influencing on the execution of the innovation in the national economy. These interactions occur into a specific context and under certain shared norms, routines and established practices. (Nelson and Rosenberg, 1993).
>
> "way of encompassing these numerous facets (of the relationship between technology, trade and growth) so as to suggest that the performance of national economies depends on the manner in which organizational and institutional arrangements and linkages conducive to innovation and growth have been to thrive in different countries." (Francois Chesnais, 1995)

> "specialized cluster of firms supported by a developed infrastructure of supplier firms and regional knowledge and technology diffusion organisations, which tailor their services to the specific need of the dominating regional industry" . (Asheim and Isaksen, 1997)

According to these definitions it is possible to conclude that an Innovation System is a social, opened and dynamic system (Lundvall ed., 1992), because of the interactions that occur not only among the socio-economic agents involved in the Innovation System's Networks, but also due to the interactions of the system as a whole with the surrounding environment.

Firms seldom innovate in isolation due to several influences that innovation processes have from many factors and agents. Across innovation processes, agents interact each other to gain, develop and exchange various kinds of knowledge, information and other resources (Edquist ed., 1997).

Despite most of the previous definitions consider interactions as one of the key elements, the models created on Innovation System seem to fail at representing the behaviour of the system not only due to interactions among agents inside the Innovation System but also to interactions produced among the system and the rest of the innovation systems around.

Among these numerous models, Lundvall (ed., 1992) differs the agents that constitute an Innovation Systems into some groups, being the most relevant ones:

- The internal organization of the firms
- The inter-firm relationships
- The role the public sector performs
- The institutional set-up of the financial sector
- R&D intensity and R&D organisation.

In spite of this list, some other actors could be included such as other firms (suppliers, customers, competitors), universities, research institutes, investment banks, schools, government ministries… (Edquist ed., 1997; Cooke et al., 2000; Fernández de Lucio, 2000)

Parallel to the Systems of Innovation (national, regional and local) approach around which the present research is being developed, some other approaches such as "Sectoral Innovation Systems" (Breschi and Malerba, 1997), "Technological Systems" (Carlsson and Stankiewicz, 1991), "Research Systems in Transition" (Cozzens et al. eds., 1990; Zyman, 1994), the "Post Modern Research System" (Rip and VanderMeulen, 1996) the "Triangle Model of Sábato" (Sábato, 1975) and the "Triple Helix Model" (Etzkowitz and Leydesdorff eds., 1997) can be found among others.

All the previous models defined above take interactive terms into account in order to show the interactions that occur into Innovation Systems, which are one of its key characteristics (Edquist ed., 1997).

Conversely, and as it has been argued before, none of the models manages to measure interactions. It could be said that despite the Innovation System exists because interactions occur within it, the concept of "system" will become meaningless, as long as the models created do not manage to measure those interactions and allow to know their dynamic behaviour (Kautonen, 2000; Archibugi, Howells and Michie eds., 1999).

Nevertheless, despite the innovation activity is mainly territory based (Asheim and Isaksen, 2000; Olazaran and Gomez Uranga eds., 2000), interactions between different regions and countries are becoming more and more usual due to the fact that systems are also becoming more global. Because of this, Innovation System models, should be modified not only in order to properly represent the interactions, but also to consider that the Innovation System must be open and dynamic.

The fact that these aspects have not been studied yet reflects the "youth" of the Innovation System approach, and the difficulty to measure innovation flows and interactions in a dynamic context.

As interactions are becoming more relevant (Saviotti, 1997) in the definition of a dynamic and open system, their measurement and the comprehension of their path-dependent dynamic behaviour requires a more detailed analysis (Kautonen, 2000; Archibugi, Howells and Michie eds., 1999; Tappi, 2003).

As Charles Edquist (ed., 1997) agreed, "…we simply do not know enough about these relations. It is important to be able to capture these interdependencies in empirical work – which includes the development of concepts and indicators - that relate elements to each other. This is needed for the development of a more sophisticated systemic and interactive view of innovation processes."

Due to the fact that the literature agrees in the lack of measures in this respect, and in order to be able to better understand the way interactions occur and evolve, this thesis proposal intends to define a new methodology to allow their measurement.

8.- Empirical framework: state of the art in Innovation Networks

Once the theoretical contribution of this proposal has been set out, the studies already done trying to measure these interactions will be introduced. We will show later that two main groups can be distinguished. On the one hand it is possible to find studies using some indicators trying to give an empirical measure of the interactions that occur into an Innovation System. On the other hand some studies about Innovation Networks' Simulation can also be found, where some simulation models are defined and run out.

We find two main deficiencies in the previous research studies. On the one hand many of the used indicators do not contribute to know the behaviour of the dynamics of the interactions and therefore of the system. On the other hand, some of the used indicators do not really measure interactions since they are measures concerning the analyzed agents involved in the Innovation Systems. That is, some of the indicators are not "co-operation" or "interaction" referred measures.

In order to achieve the goal of measuring these interactions, and as it will be shown later, theories about complexity and chaos can be used in order to provide the Systems of Innovation approach a new perspective contributing to its development and consolidation.

The research work concerning the analysis of the Innovation Networks and the interactions produced among the agents rises a special interest due to (Archibugi, Howells and Michie eds., 1999):

- Networks and consequently Innovation Systems, consider the amount of agents participating in, their characteristics and the interactions among them. Therefore, in absence of interactions, the existence of a system can not be conceived.
- The relations produced into the system are relevant when defining and analyzing the behaviour of an Innovation System.

- The analysis of the way in which interactions are modified is a key element which gives an adequate perspective to the evolution and the dynamics of the system.

Due to the fact that policies supporting innovation are being defined, such as RIS, RTP, RITTS, etc… shows the growing need to elaborate indicators allowing to measure processes related to the establishment of networks and the evaluation of these innovation policies (Zenker, 2001; Landabaso, Oughton, Morgan, 2001; Saviotti, 1997; Archibugi, Howells and Michie eds., 1999).

The first studies about Innovation Networks, have provided an important empirical source of information for later studies (Callon and Law 1989).

Andersen's work uses a simulation model to analyse vertical relationships which seems to be a promising path (Andersen and Lundvall, 1997) to simulate the evolution of complex production and Innovation Systems. Nevertheless, it needs to be reviewed, systemized and applied in recent empirical studies (Olazaran and Gomez Uranga eds., 2000).

Nevertheless, among the recent research studies many other interesting indicators can be obtained. That way, it is possible to see how interactions established among some agents involved in the Regional Innovation System of Baden Württemberg are studied (Emmanuel Muller, 2001) by means of:

- the knowledge used,
- the interactions space considerations,
- the influence in terms of business innovations.

Related to the previous analysis, Knut Koschatzky (2003) studies the characteristics of co-operation carried out in the five German EXIST regions via the promotion of university-based start-ups.

Javier Revilla Díez (2001) shows the main results obtained in a project developed to measure the types of co-operation produced in some European regions like Barcelona, Vienna and Stockholm analyzing: the amount of industrial companies in each region, their year of foundation, their sectoral analysis, the technology areas their activities belong to, the sources of information, and the agents co-operating with depending on the phase of the innovation process.

A further study on the way co-operations take place in the industrial sector in Slovenia (Koschatzky and Bross, 2001) analyzes the composition of the industrial population, the sectors, the amount of workers, technology centres and foreign businesses they co-operate with, and the co-operation degree of technology centres with businesses, technology institutes and public administration. A similar study is done by Arne Isaksen (2003) concerning the case of the offshore engineering in the Oslo Region.

Franz Pleschak and Frank Stummer (2001) analyze the competitiveness through innovation in East German Industrial Research, studying the frequency of interactions between a technology centre and the rest of agents by means of joint projects, acts

organized jointly, supply of consultants, common use of technological means, and research results' transfer.

An empirical work about the inter-industry co-operation in innovation projects in Spain (Navarro Arancegui, 2002) also studies the innovative industries that co-operated in innovation projects during 1996 according to their size, sectors, types of co-operation, the partners they co-operated with, and their technological level.

In reference to the simulation models several studies can be found in the work of Andreas Pyka and Günter Küppers (eds., 2002) where numerous simulation models studying the characteristics of the behaviour of Innovation Networks can be found.

In the later study Andreas Pyka and Pier Paolo Saviotti (2002) compare real measures of an Innovation Network in the biotechnology sector with the ones obtained in a simulation model using the Ucinet software (Borgatti, Everett and Freeman, 1999).

Some other studies such as the role of the knowledge-intensive business services (KIBS) in e-commerce (Windrum, 2002), the Innovation Networks and the transformation of large socio-technical systems in the case of combined heat and power technology (Weber, 2002), and the evaluation of an Innovation Network (Ahrweiler, de Jong and Windrum, 2002) can also be contemplated.

Finally, Daniele Archibugi and Simona Iammarino (1999) make a taxonomy analyzing the behaviour of interactions among some agents of an Innovation System (industry-industry, government-government, government-industry) which depends on the way innovations are produced.

As explained before, some authors have used some indicators and done some empirical approaches to Innovation Networks framework, in order to identify the interactions that take place into them, without having obtained so far, neither a quality methodology that allows the identification of the Innovation Networks' behaviour nor an approach to increase the knowledge about their dynamics.

Related to this, something similar occurs from a theoretical point of view about the Innovation Networks approach. In this case, some authors have tried to define and qualify the networks existing within Innovation Systems, but no definition has been totally agreed among researchers.

Though it is possible to find several approaches in the literature, most of them give some particular definitions, classifications or qualities about these Innovation Networks but none of them offer a consensual framework.

Innovation networks are a relatively recent phenomenon emerged at the beginning of the 90´s (Pyka and Saviotti, 2002), and is considered "a useful tool to explain some phenomenons such as the dynamics of the business organizations and the ones of the local productive systems" (Vázquez Barquero, 1999).

The relations and connections between activities (productive, commercial, technical, financial and assistencial), actors (industrial firms from the local productive system), and resources (human, natural, infrastructures) have been growing for a long time, so it depends on the socio-cultural and productive way of live of communities (Vázquez Barquero, 1999). They also have a great internal dynamic as a consequence of economic relations and its open character, which involves an ongoing reorganization of the system, and also the structures´ change. As Innovation Networks are a governance way in a continued disequilibria as a consequence of the dynamics of interactions, it is necessary to create a new innovation model that considers and explains these dynamics and openness of the system with indicators.

As innovations occur due to interactions between economic, politic and scientific agents, it can be said that Innovation Networks are “all those organizational forms between the market and the hierarchy that allows the information, knowledge and many other resources exchange, and that also help to implement innovations by means of the learning processes between the networks” (Koschatzky, 2001).
But also, “as a collective action among which local firms and institutions are culturally grounded for the creation and diffusion of additional knowledge (Pilon and DeBresson, 2003). Or ”interaction processes among many heterogeneous agents, that produce innovations (at the national, regional, or supranational levels) (Pyka and Küppers, 2002)

Summarizing, the economic, sociologic and politic literature has began to show that recent developments in the generation of new knowledge can be conceptualized in terms of Innovation Networks. Despite this fact, still there is a long path to walk. There is not a clear definition about what an Innovation Network is, although many definitions, each one emphasising a particular feature can be considered (Pyka and Küppers eds., 2002)

Not only many definitions of Innovation Networks can be found, but also many taxonomies and classifications, advantages of the networking, roles of the networks, etc. depending on the author´s point of view (Freeman, 1991; DeBresson/Amesse, 1991; Cooke and Morgan, 1993; Guerrieri and Tylecote, 1997; Vázquez Barquero, 1999; Pleschak and Stummer, 2001; Pyka and Küppers, 2002; Koschatzky, 2002; Fornhal and Brenner eds., 2003; Koschatzky, 2003).

Several authors (Pleschak and Stummer, 2001; Fornhal and Brenner eds., 2002; Pyka and Küppers, 2002; Vaux and Gilbert, 2002; Lutz, Sydow and Staber, 2003) also explain the main facts that should take place into an Innovation System and the main characteristics the agents of systems should have, so that Innovation Networks could be generated and developed. However, these recommendations still have not empirically been proved. Hence, as long as the indicators used to measure interactions into Innovation Systems do not allow to undertake and understand their dynamics, this facts can not be considered a tool to define more efficient Science, Technology and Innovation policies.

According to the main goal of this thesis proposal and in order to be able to define some new indicators to measure their relevance and understand their dynamics, one of the possible ways to do it could be using theories of complexity and chaos (Lorenz, 1995; Briggs and Peat, 1999; Hayles, 1998). There is a need to undertake the study of complexity to be able to understand the behaviour of the interactions and their relevance into the Systems of Innovation (Andersen, 1997).

The concept of the dynamic complexity is referred to an assembly of interrelated processes and heterogeneous elements interacting each other, although there is not a clear definition of what complexity concerns (Pyka and Küppers, 2002). Networks in this context represent a mechanism for the diffusion of innovations through the collaboration and the interactive relations (Zuscovitch and Justman, 1995).

The dynamics of this complexity are formed by a specific amount of independent processes, each one with its own dynamic, that relate each other and generate a new system's dynamic which differs from the dynamics of each process (Pyka and Küppers, 2002).

In spite of the need to undertake further research in this field and the fact that several authors mention this possibility offered by complexity as being an alternative approach to Innovation Networks (Seri, 2001; Pyka, Gilbert and Ahrweiler, 2002; Pleschak and Stummer, 2001) not many empirical nor theoretical approaches have been made. Thus, authors that make use of these theories of complexity and chaos to analyze the produced interactions (Frenken, 2000) try to measure them my means of simulation models like the NK-model (Kauffman, 1993) and by means of entropy. Nonetheless, the used indicators do not really refer to complexity and chaos, so they do not really offer an alternative point of view.

9.- Description of the research work

So far, main deficiencies of the Systems of Innovation approach have been pointed out, main studies concerning Innovation Networks have also been explained, and the possibilities offered by both complexity and chaos theories in the study of interactions have been shown. Now, a description of main goals of this thesis proposal will be inroduced.

The main objective of the research is:

> "The definition of a methodology that allows to measure interactions in open and dynamic Innovation Systems, and to quantify how these explain their dynamic behaviour."

By means of this research work, we will try to give an answer to some previously formulated hypothesis:

- Interactions (relations) influence the dynamic behaviour of Innovation Systems.
- Interactions produced within an Innovation System are complex and show a chaotic behaviour.
- Interactions produced within an Innovation System are measurable with quantitative as qualitative indicators.
- It is possible to give a definition of the network concept in the Systems of Innovation framework.
- The degree of intensity, and the interactions strengths or weaknesses as well as co-operation among the agents of an Innovation Systems depends on the nation, region, or sector … historic trajectories.

Finally and in order to be able to accept or reject the hypothesis above, some questions will be formulated in the research work:

- What kind of interactions are produced in an Innovation System to support co-operation among the agents? Among which agents are produced?
- Is it possible to measure the interactions produced? How are they measurable?
- Are theories of complexity and chaos an alternative research path to undertake the measurement of Innovation Networks?
- Do the simulation models analyze the dynamics of Innovation Networks according to the empirical results observed in the Innovation Systems?
- To what extent do interactions explain the Innovation Systems dynamics?
- Do the historic trajectories of nations, regions, sectors… act as a constraint in the development of interactions in Innovation Systems? Do the different (nation, region, local, sector…) Innovation Networks differ in their dynamics?

10.- Work programme and methodology

After having explained the main contribution that the present thesis proposal intends to carry out, and those considered useful tools to this goal, the main phases in which the research work is going to be developed will be shown.

1.- Main literature and state of the art.

The bibliography to be considered can be divided into three groups. First of all, it will be necessary to identify in a higher extent main characteristics and deficiencies of interactions produced in the Innovation Systems. Second, both theoretical as empirical studies regarding Innovation Networks should be reviewed to know the state of the art as well as in the construction of simulation models and in the definition and measurement of possible indicators to be used. The bibliography concerning theoretical approaches related to complexity and chaos theories should also be reviewed to define the possible contributions that these theories could offer to Innovation Networks measurement.

2.- Definition of a taxonomy of possible kinds of interaction or co-operation that could be undertaken within an Innovation System.

As it has been exposed above, several approaches provided by many authors intend to identify and classify possible types of interactions produced in Innovation Systems. That way, the definition of some indicators to measure and qualify the types of interactions will become somehow easier as the main characteristics each type have are known.

3.- Development of an Indicator Scoreboard for the measurement of interactions using complexity and chaos theories.

Many authors have identified the need to undertake the measurement of Innovation Networks, which are open, complex, and dynamic. Some efforts have been done in their measurement, but the used indicators do not really offer an alternative approach to networking, and do not manage to measure their complexity. That way, and making use of these theories, it will be possible to identify some characteristics of the Innovation Networks which will allow the identification and definition of a new Indicator Scoreboard representing interactions.

4.- Development of a simulation model which allows to increase the knowledge about the behaviour and the measurement of the interactions in a static way.

In order to be able to construct this simulation model some more tasks should be undertaken such as the identification of main simulation models already constructed to analyze interactions in Innovation Networks and main measures they provide, as well as a review of the simulation softwares that allow the construction of these simulation models.

Initially, the main goal of this task is the development of a static model which attempts to reflect the state of interactions (despite their dynamics) that occur in an Innovation System.

5.- Adjust the behaviour of the simulation model as well as the indicators employed, comparing the results obtained in the model with real ones.

Although many interaction measures can not be quantified so far, in order to adjust the model created as much as possible to reality, making use of the tacit knowledge about some Sectoral Innovation Systems in a region, it could be possible to get that goal.

Once we have managed to adjust the behaviour of this static Innovation Network model in order to make it as real as possible, the next step will be to allow for dynamics, according to the evolution shown by the studied indicators during the last years.

6.- Determine and evaluate the historic trajectories impact when studying the dynamics of Innovation Networks and their interactions.

In order to develop this part of the work, two tasks will be done. To carry out them, it will be necessary to select both the sectors and the European regions where the constructed model is going to be used:

c) On the one hand the behaviour of interactions in different sectors in the Basque Country region will be studied,
d) On the other hand, there will be studied the behaviour of interactions in a sector present in several European regions

Thus, as we expect that the obtained measures will reflect the differences in the behaviour of the interactions observed in both cases, it will be possible to predict to what extent, the historic paths of the regions constrain the interactions produced in their respective Innovation Systems.

It will be necessary to deepen in the features and evolution of the selected regions and sectors, as well as to obtain as many measures as possible from their Sectoral Innovation Systems during the last years.

Once we have obtained the results from the simulation and empiric models, a comparison between them should be done to determine the adaptation to real systems and the main deficiencies the model has.

7.- Finally, the *methodology to measure interactions produced in Innovation Networks of Innovation Systems will be developed*, using the experiences and the results obtained during the research work.

11.- Interest of the expected results

We have introduced several aspects in this document. First of all the framework of the Innovation Systems within the research is going to be developed has been explained, depicting the main lacks several authors have found and the different models defined. That way, the key role interactions play within Innovation Systems was demonstrated and the need of a further research trying to cover this lack has been shown.

Recently some authors have undertaken this need defining a new approach to the Innovation Systems from the Innovation Networks side. Their evolution, definition and some empirical studies were shown on the second chapter. Here also, the fact of having a lack of measures concerning interactions was shown, despite the studies already done.

As many authors agree when defining an Innovation Network and the interactions produced into an Innovation System, one of the key characteristics of their behaviour is their complexity and dynamism. This is the reason why theories of complexity and chaos seem to be an interesting research approach that could contribute to cover the lack of indicators concerning interactions in the Innovation Systems.

Within this general context, the main results that are expected during the development of the thesis are:

- Definition of a methodology to understand and measure the interactions' behaviour into the Systems of Innovation framework.
- Contribute to the economy of Science and Technology indicators through the definition of a new Indicator Scoreboard for the measurement of interactions within Innovation Systems.
- Contribute to the Systems of Innovation approach with a new alternative research line through theories of complexity and chaos, covering this way the existing gap in the measure of interactions and the knowledge of the dynamic behaviour of Innovation Networks.

Finally, one of the possible uses of this methodology, is the design and implementation of more efficient Science, Technology and Innovation policies from different approaches such as financial, scientific, politic, technologic, and co-operation policies, in order to increase the competitiveness of Regional Systems of Innovation.