

## ***Redes de colaboración de las unidades de investigación de la Universidad de Panamá: investigación, desarrollo e innovación***

Ángel F. Zazo Rodríguez - Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca<sup>1</sup>

Saúl Ardines González – Universidad de Panamá

Elena Castro Martínez - Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento. CSIC-UPV

### **Resumen**

Este artículo analiza las relaciones de colaboración que en materia de investigación, desarrollo e innovación han llevado a cabo las unidades de investigación de la Universidad de Panamá con el resto de agentes del sistema nacional de innovación panameño: empresas, unidades de investigación externas a la universidad, entidades públicas y otros agentes. El estudio ha permitido detectar diferentes redes, que han surgido principalmente de necesidades específicas de los actores involucrados. Los resultados muestran que las interacciones son muy débiles y la dispersión existente en la interacción es excesiva para que pueda asegurarse el desarrollo necesario de los procesos de innovación.

**Palabras clave:** Innovación – sistema nacional de innovación – Universidad de Panamá – redes

### **Abstract**

This paper analyses the relations of the research units of the University of Panama with other agents in the national innovation system of Panama, such as private companies, research organizations, public bodies and other entities. The study allowed the detection of networks which have been formed in different ways, but always meeting the needs of the participants. Interactions are weak and scattered, they do not guarantee the efficient and effective operation of the networks. It cannot ensure the necessary development of innovation processes.

**Key words:** Innovation – national innovation system – University of Panama – networks

### **Introducción**

Según Edquist y Hommen (2008) el uso del concepto de “Sistema de Innovación” (SI) es útil para el diseño de políticas públicas que favorecen la innovación y ello contribuye a crear condiciones en las que se produce el crecimiento socioeconómico

---

<sup>1</sup> Enviar correspondencia a: Ángel F. Zazo Rodríguez, correo-e: [angelzazo@usal.es](mailto:angelzazo@usal.es)

gracias a las nuevas formas de la economía basada en la investigación, el desarrollo y la innovación. De acuerdo con estos autores, si bien cada país cuenta con sus características propias, el adecuado funcionamiento del SI puede servir a aquellos países en desarrollo para no limitarse exclusivamente a la dependencia externa de la tecnología y del conocimiento, como es el caso de la República de Panamá. La observación de las experiencias alcanzadas en los países desarrollados y en algunos en desarrollo (Freeman, 1995; Edquist *et al.*, 2004) parece asegurar que la interacción en procesos sistemáticos y dinámicos de investigación y desarrollo entre administraciones públicas, universidades, entidades públicas, centros públicos y privados de investigación y empresas privadas confirma la solidez en la transferencia y asignación de conocimiento, información y recursos en los procesos de innovación. Por ello, los procesos de innovación requieren de un conjunto de relaciones en todas las direcciones, que debe ser planificado en el contexto nacional para la comprensión de todos los actores presentes en dicho proceso. En este ambiente se coordinan políticas de innovación y difusión, leyes e incentivos, recursos humanos y económicos, mecanismos de vinculación, procesos de evaluación, calidad de la educación, etc., que en una red constituyen un Sistema Nacional de Innovación (Montero y Morris, 1999; Malerba y Orsenigo, 2000; Hitt *et al.*, 2004; Lundvall, 2007; De Jong *et al.*, 2008).

En este contexto, esta investigación profundiza en el conocimiento de los atributos y las relaciones entre la Universidad de Panamá (UP), la mayor del país, más concretamente sus unidades de investigación, y los distintos agentes con los que se relaciona en el Sistema nacional de innovación (SNI). El comportamiento de las unidades de investigación de la UP puede ser modelado mediante una estructura en red, cuyo análisis permitirá determinar el grado y la capacidad de intercambio de conocimiento, de información y de recursos entre los diversos actores involucrados en las actividades de investigación, desarrollo e innovación.

### **Las interacciones en el proceso de innovación**

En las últimas décadas la innovación se ha asociado a cambios tecnológicos que demandan a su vez cambios en los productos, procesos, diseños y técnicas. Este hecho obliga al entorno industrial y empresarial a que adquiera nuevas fuentes de ideas, de información y de conocimiento mediante la sinergia con distintos actores.

Esta situación concibe una innovación compuesta de elementos complejos, no lineales, estocásticos e interactivos que priorizan la adquisición, transferencia y ejecución de la actividad innovadora. La innovación precisa nuevas formas de pensar

y actuar, y ello trae consigo el surgimiento de nuevas posibilidades y oportunidades (Ballart, 2001). Joseph A. Schumpeter (1934) fue el primer economista en estudiar el alcance de la innovación en el crecimiento económico. Schumpeter se refería a “productos” y a la “industria”, debido a que, en aquellos momentos, se estaba produciendo la segunda revolución industrial, por lo que era el sector que experimentaba los principales y más vertiginosos cambios. Sobre esta base, a partir de los años 80 del pasado siglo, que fue cuando resurgió con fuerza el término en los medios académicos y políticos, han sido muchos los investigadores que desde enfoques diversos han tratado de definir y acotar lo que significa la innovación (Freeman, 1975; Drucker, 1985; Freeman y Pérez, 1988; Porter, 1990; Toffler, 1995; Pérez, 1996; Drucker, 1998; Ballart, 2001; Chan y Mauborgne, 2005; Chesbrough, 2006; Lundvall, 2007; Kao, 2007). El concepto de innovación aparece asociado a la creación, al progreso, al descubrimiento, a la novedad, a la originalidad, al cambio, a la invención, al perfeccionamiento y a la mejora de un producto o proceso que llegue al consumidor para satisfacer sus necesidades. Así, la innovación aparece muy estrechamente ligada a los conceptos de desarrollo económico, capacidades básicas y bienestar social (Sen, 1999).

En contextos ligados a las decisiones de política económica se intentó también acotar el término para poderlo medir en los diferentes países y poder diseñar políticas adecuadas para su fomento, destacando, a este respecto, los esfuerzos realizados por la OCDE y la Unión Europea, y plasmados en el denominado Manual de Oslo (OCDE, 2005). Este documento define la innovación como la introducción de un producto nuevo o significativamente mejorado (bien o servicio), un nuevo proceso, un nuevo método de comercialización o un nuevo método organizativo en las prácticas internas de la empresa y/o en la organización del lugar de trabajo y/o en las relaciones exteriores.

El concepto de innovación abierta dado por Chesbrough (2006) caracteriza a la innovación como un proceso compuesto por diversos agentes en el cual todos tienen la misma importancia, y en el que se deben aprovechar las ideas y las vías tanto internas como externas para su buen desarrollo. El concepto de innovación abierta se ajusta en gran medida a los objetivos de nuestra investigación, con especial atención a aquellos que se apoyan en el estudio de la interacción entre los agentes o actores que se encuentran insertos en una estructura de red social. En la red fluye la información, el conocimiento y los demás insumos, siendo estos recursos dependientes tanto del ambiente interno como del externo. La idea de innovar conjuntamente permite una ventaja efectiva de las relaciones existentes y las que están por establecerse.

Los enfoques interactivos del proceso innovador reconocen a la universidad un papel activo en la generación y difusión del conocimiento, obligándola a vincularse de una forma estrecha con su entorno socioeconómico y a adoptar una nueva misión complementaria de las actividades tradicionales de docencia e investigación, que comprende todas las actividades relacionadas con la generación, uso, aplicación y explotación, fuera del ámbito académico, del conocimiento y de otras capacidades de las que disponen las universidades (Molas-Gallart *et al.*, 2002). El cumplimiento de esta "tercera misión" ha llevado a la universidad a convertirse en un actor decisivo en los procesos de desarrollo social y económico y a vincularse con los diferentes agentes de su entorno.

Un SNI se compone de un conjunto de entornos interconectados que atienden a la ejecución armonizada de actividades encaminadas a la creación, producción, difusión y venta de productos y/o procesos en la sociedad (Castro y Fernández, 1995). La universidad, en este contexto, participa en el entorno científico.

### **El enfoque del análisis de redes sociales**

En el proceso de innovación son de gran importancia las interacciones de los agentes para la creación, difusión o uso de conocimiento que pueda ser útil como recurso cognitivo (Nahapiet y Ghoshal, 1998). Es tan importante el estudio de los atributos que caracterizan a los agentes como el estudio de las relaciones que han mantenido entre sí. Dichas relaciones permiten el intercambio de conocimiento y de recursos entre los agentes, siendo este intercambio algo esencial de modo que un agente está influenciado no solamente por los agentes con los que se relaciona, sino también por la red que forman las relaciones entre todos los agentes (Burt, 1992). Este ha sido el hilo conductor que ha llevado a utilizar el enfoque de análisis de redes sociales en este estudio.

La meta en el estudio de las redes sociales va más allá de encontrar las fortalezas y/o debilidades de los individuos que participan en diferentes posiciones en la estructura interactiva y de dependencia de la red. El hallazgo de fortalezas y/o debilidades puede determinar los medios adecuados para que la interacción en la red sea mejorada o modificada en su conjunto. En este sentido Cross *et al.* (2002) establecen que la evaluación mediante el análisis de redes sociales de la estructura interactiva, por ejemplo, en el caso de redes fragmentadas o individuos en situaciones periféricas, puede ser particularmente importante para la toma de decisiones que ayuden a integrar grupos dispersos. Más adelante se presentan las redes encontradas en la investigación, con el fin de comprender las características y

las relaciones de las unidades de investigación de la UP, tanto en su propia relación interna, como en las relaciones que han mantenido con otros agentes: empresas, unidades de investigación externas a la UP, entidades públicas y otras entidades (asociaciones, fundaciones, ONG, etc.).

En este estudio se sigue un enfoque exploratorio al utilizar las técnicas de redes sociales. En dicho enfoque se parte de una red que es preciso estudiar para determinar sus características estructurales, y también para analizarla visualmente.

## **Metodología**

El universo de estudio en esta investigación lo constituyen, por una parte, las 55 unidades de investigación que la UP disponía a comienzos del año 2012: 21 centros de investigación, 14 institutos de investigación, incluyendo aquí la Dirección Universidad Empresa, y 20 laboratorios científicos. Utilizaremos la sigla CIL (centros, institutos y laboratorios) para referirnos de forma breve a tales unidades. Aceptaron ser entrevistadas 48 unidades de la UP, el 87,3%. El universo de estudio fue completado con los agentes con los que dichas unidades habían mantenido relación alguna vez en los cinco años previos a la recogida de datos. Esa información fue suministrada por los propios entrevistados.

Para recabar información fue preciso diseñar un cuestionario y una entrevista posterior, cuyas bases conceptuales se encuentran en trabajos previos sobre procesos de innovación (Bonaccorsi y Piccaluga, 1994; Bozeman, 2000; Schartinger *et al.*, 2002; Carayol, 2003; D'Este y Patel, 2007). Las dificultades encontradas durante la fase piloto para obtener respuestas a los cuestionarios remitidos por medios electrónicos aconsejaron la recopilación en el marco de entrevistas personales, en las que se rellenaba de forma presencial tanto el cuestionario como la entrevista basada en el guión previamente diseñado para tal efecto. El cuestionario incluía los siguientes apartados:

- Datos generales de la unidad: responsable, campo de actividad, año de creación, número de personal, fuentes de financiación (la propia UP, proyectos, contratos, otras fuentes), dedicación a actividades (docencia, investigación, gestión, extensión), etc.
- Colaboraciones en actividades de I+D e innovación: pertenencia a grupos nacionales o internacionales, colaboraciones mantenidas (número de entidades, número de colaboraciones, tipos de actividad, entorno normativo e iniciativa).

- Resultados de la Colaboración y beneficios derivados de ella. Grado de satisfacción y obstáculos encontrados.

Debemos decir que en este artículo se presentan los resultados de investigación en cuanto a las estructuras de colaboración encontradas, incluyendo aquellas características de los agentes que permiten dar explicación a los resultados obtenidos, pero no se incluyen de manera exhaustiva todos los atributos de los agentes.

En el cuestionario, por temas organizativos, a cada responsable de las unidades de investigación de la UP se le pidió inicialmente que identificara tres agentes de los diferentes tipos (empresas, CIL externos a la UP, entidades públicas y otras entidades) con los que la unidad había colaborado en los cinco últimos años, precisamente aquéllos con los que se hubieran mantenido relaciones más intensas. No obstante, al realizar conjuntamente el cuestionario y la entrevista no se impuso tal restricción y se pudo recoger el total de estos representantes, con lo que se considera que la parte empírica de la investigación es más robusta. Cabe señalar que durante la recogida de datos algunos entrevistados mostraron su reticencia a proveer información sobre sus contactos externos; a algunos otros les resultó difícil recordar todas los agentes externos con los que habían colaborado.

La información recopilada sobre agentes externos se utilizó para poder entrevistarlos posteriormente, y así conocer información sobre sus características y su valoración de las relaciones. Pese a nuestra insistencia con las llamadas telefónicas y las notas enviadas para cumplir los fines de la investigación, se tuvieron grandes dificultades para obtener información de los agentes externos a la UP. En la Tabla 1 se indican los agentes que accedieron a ser entrevistados. Cabe señalar la buena disposición de los responsables de entidades de investigación externas a la UP a ser entrevistados, no así el resto de agentes.

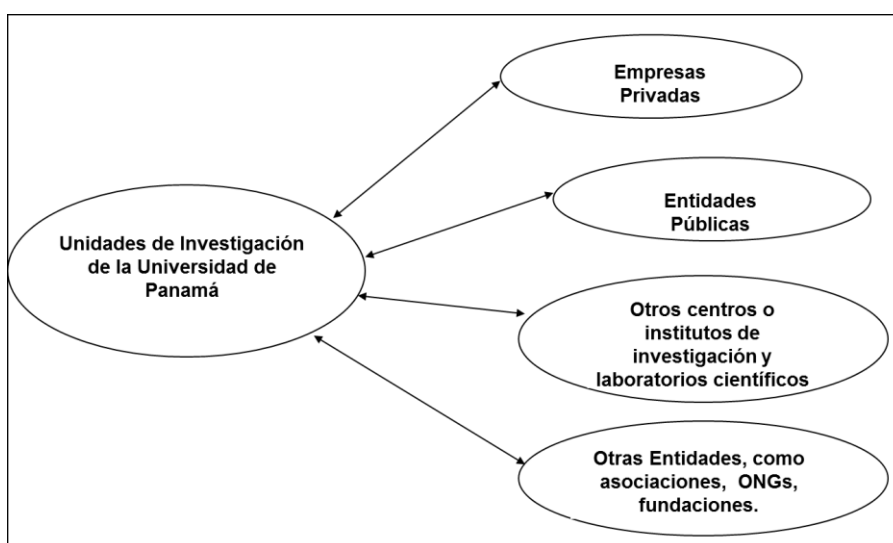
Entorno	Referenciados	Entrevistados
CIL externos a la UP	12	11 (91,7%)
Empresas	44	12 (27,3%)
Entidades públicas	37	14 (37,8%)
Otras entidades	30	5 (16,7%)
<b>Total</b>	123	42 (34,1%)

**Tabla 1.** Entrevistas realizadas a los agentes externos a la UP.

La recolección de datos empezó en noviembre de 2011 y finalizó en octubre de 2012. Debe mencionarse que algunos laboratorios científicos de la UP proporcionaron información de aspectos generales de colaboración con otros agentes, pero no los

identificaron, por considerar esta información reservada. Ello sucedió con 8 laboratorios científicos, los cuales se han excluido al aplicar las técnicas de redes sociales. La información recopilada fue organizada y tabulada, y posteriormente se utilizó Ucinet (Borgatti *et al.*, 2002) y Pajek (Batagelj y Mrvar, 1998) para el análisis de redes sociales.

Estamos interesados en analizar las relaciones de colaboración entre el entorno universitario de la UP y cada uno de los entornos con los que se relaciona. En el Gráfico 1 se esquematizan mediante flechas estas relaciones. Es por ello que se analizarán de manera concreta cada una de las redes que pueden formarse considerando tales entornos.



**Gráfico 1.** Relaciones objeto de estudio.

Las redes que pueden ser consideradas en el estudio son las siguientes:

1. La red de colaboración interna entre los CIL de la UP. Se trata de una red formada por 40 actores, aunque existen relaciones sólo entre 27 de ellos.
2. La red de colaboración entre los CIL de la UP y otros CIL no pertenecientes a la UP. Se trata de una red formada por 40 actores de la UP y 12 actores referenciados de los otros CIL.
3. La red de colaboración entre los CIL de la UP y las empresas referenciadas. Es una red formada por 40 actores de la UP y 44 empresas.
4. La red de colaboración entre los CIL de la UP y las entidades públicas. Red de 40 actores de la UP y 37 entidades públicas.
5. La red de colaboración entre los CIL de la UP y "otras entidades". En esta red son 30 los actores del entorno de "otras entidades" y los 40 actores de la UP.

6. Finalmente, la red total que integra todos los entornos y todos los actores de los mismos, con un total de 163 integrantes.

Desde el punto de vista de las investigaciones en el contexto del análisis de redes sociales los métodos aplicados son principalmente de dos tipos. El primero es el que estudia las relaciones entre todos los actores de la red y recibe el nombre de "sociocentrado". Es el aplicado para el estudio de la red de colaboración interna entre las unidades de investigación de la UP. En este sentido, las medidas que se van a utilizar para el análisis de esta red son las típicas medidas de cohesión, centralidad de nodos, y caracterización de grupos y subgrupos que se aplican a redes sociocéntricas. Existen estudios sobre otros tipos de medidas llevadas a cabo en entornos de innovación (Gloor *et al.*, 2008), sin embargo, son poco adecuadas para ser utilizadas en este estudio por la metodología utilizada.

El segundo método realiza el estudio de redes a partir de las relaciones que un *ego* tiene con sus *alteri*, denominado así "egocentrado", y sirve para comparar la red de relaciones que tiene un ego con la red de relaciones que tienen otros egos con las mismas o diferentes características.

Las redes de relaciones que mantienen las unidades de investigación de la UP con los agentes externos podrían encajar inicialmente en un enfoque egocentrado, pues se preguntó a cada unidad por los agentes externos con los que había colaborado en actividades de I+D e innovación para los diferentes tipos de agentes. No se preguntó a estos agentes externos por las relaciones que habían mantenido con otros agentes del mismo o diferente entorno, por tanto, no se puede aplicar aquí un enfoque sociocentrado. Pero, dado que se dispone de información suministrada para la red interna, se podría tener una red interna que se relaciona con agentes externos a la red. Así, el enfoque que se ha utilizado no se corresponde a ninguno de los dos descritos, sino más bien a una situación intermedia. Por eso es preferible denominar al enfoque que se ha utilizado como enfoque "redcentrado", pues se centra en la red interna como un ego, siendo los *alteri* los entornos externos con los que han colaborado las unidades de investigación de la UP. Este enfoque ya se ha utilizado previamente en algunas investigaciones (Machín, 2011). Es de destacar que en la práctica se tienen redes modo-2 y, por tanto, se utilizarán medidas que nos ayuden a caracterizar y comparar las relaciones de colaboración entre el entorno universitario de la UP y cada uno de los entornos indicados. Utilizaremos un enfoque principalmente comparativo para determinar cómo influyen las relaciones con los agentes externos de cada entorno en la red interna de colaboración.



## Actividades de colaboración

Es cuanto a las actividades de colaboración llevadas a cabo por las unidades de investigación de la UP (todas las entrevistadas), la Tabla 2 presenta las actividades y el número de respuestas afirmativas relativas a los diversos tipos de actividades que manifestaron haber realizado en colaboración dichas unidades, teniendo en cuenta cada tipo de entidad. La tabla muestra respuestas afirmativas, no número de relaciones. Destacan la participación conjunta en actividades de extensión y difusión, y también los contactos o consultas puntuales no formalizadas.

Actividad de colaboración	Con otros CIL	Con empresas	Con entidades públicas	Con otras entidades	Total
Participación en actividades de extensión universitaria	35	27	43	25	<b>130</b>
Contactos o consultas puntuales no formalizadas en contratos o convenios	38	26	35	25	<b>124</b>
Participación conjunta en actividades de difusión (congresos, conferencias...)	35	25	37	26	<b>123</b>
Servicios técnicos, informes o apoyo tecnológico	29	28	31	20	<b>108</b>
Cursos y actividades de formación especializada impartidos	31	23	33	19	<b>106</b>
Asesoramiento y consultoría a través de comités o reunión de expertos	31	21	32	22	<b>106</b>
Investigación conjunta en el marco de un programa público	19	10	21	14	<b>64</b>
Uso de instalaciones y equipos	17	8	14	9	<b>48</b>
Investigación conjunta en el marco de programas internacionales	17	8	15	7	<b>47</b>
Estancias del personal en esas entidades	16	10	14	7	<b>47</b>
Investigación conjunta financiada por la empresa privada	9	13	7	4	<b>33</b>
Participación o asesoramiento en la creación de una empresa	3	4	6	5	<b>18</b>
Participación en la creación de un nuevo centro de I+D	4	2	8	4	<b>18</b>
Compra o licencia de patentes		2		1	<b>3</b>
<b>Total</b>	<b>284</b>	<b>207</b>	<b>296</b>	<b>188</b>	

**Tabla 2.** Tipos de actividades de I+D e innovación realizadas en colaboración por los CIL de la UP con otros agentes. Se indican respuestas afirmativas, no número de relaciones.

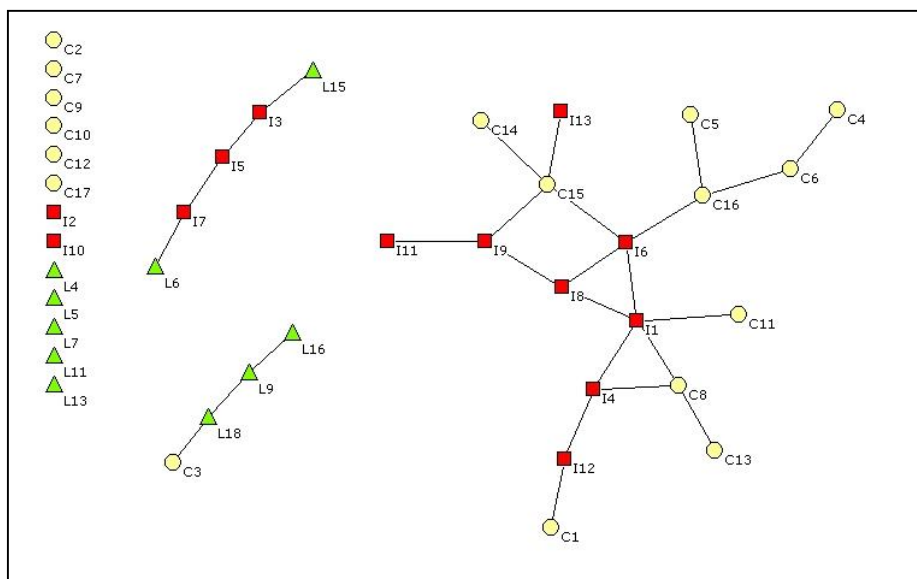
Para nuestro estudio consideramos que las relaciones de colaboración llevadas a cabo en actividades de I+D e innovación son recíprocas, pues se establecen entre dos agentes cuyo resultado supone un bien común de las entidades que colaboran. Ello no es impedimento para pensar que puede haber actividades que sí siguen una dirección, tal es el caso, por ejemplo, de las actividades de formación que realizan las unidades de investigación, o aquéllas que suponen estancias de personal de estas

unidades en empresas, en otras unidades de investigación o en entidades de diferente tipo. En estos casos parece que el flujo de conocimiento va desde unos agentes a otros, estando por tanto dirigido. Sin embargo tales actividades, desde el punto de vista de la innovación, también proporcionan experiencias y otros beneficios para los agentes que participan, por ello, desde este punto de vista se considera que las relaciones son recíprocas. Que las relaciones sean recíprocas es importante en el análisis de redes sociales, donde se diferencia muy claramente entre redes dirigidas y redes no dirigidas. En este caso las redes son no dirigidas, ello afectará al cómputo de algunas medidas.

En los últimos cinco años todas menos tres unidades de investigación habían participado alguna vez en acciones de colaboración. El patrón más repetido fue llevar a cabo entre 1 y 10 colaboraciones con entre 1 y 3 agentes. Solamente aquellas unidades de investigación más antiguas, creadas antes de 1990, habían llevado a cabo más colaboraciones y con un mayor número de agentes. Los entrevistados manifestaron que en general ya existía relación personal previa antes de la colaboración.

### **Red interna de colaboración**

Se trata de la red formada por las unidades de investigación de la UP que suministraron información de las relaciones internas mantenidas con otras unidades de la UP. Esta red consta de 40 nodos: 17 centros, 13 institutos y 10 laboratorios científicos. En los cinco años analizados solamente 27 nodos habían mantenido relación con otros en la red interna, esto es, la inclusividad de la red es del 67,5%. El Gráfico 2 muestra la red, marcados los centros en amarillo, los institutos en rojo y los laboratorios en verde.



**Gráfico 2.** Red interna de colaboración.

Se trata de una red no conexas con tres componentes principales, además de 13 nodos aislados. El componente mayor posee 18 nodos, de los cuales 10 son centros y 8 son institutos. Es este último el que comprende mayor cohesión que los otros dos componentes, cuyas formas son lineales.

La densidad de esta red es 3,46% (27 relaciones de las 780 posibles). Un valor tan bajo supone que el flujo de recursos es muy bajo también, más si se tiene en cuenta el número de nodos desconectados y la existencia de varios componentes. El valor de fragmentación de la red es también muy alto, del 78,3%, por eso, en esta red hablar de distancias sería un error. Por ejemplo, el diámetro de la red, esto es, la distancia por el camino más corto entre los dos nodos conectados más alejados, es 7, que en realidad se corresponde con el del componente de mayor número de nodos, pues entre nodos desconectados la distancia sería infinita. En estos casos es mejor utilizar la media armónica de las distancias, que es una medida denominada *compacidad* y ofrece un valor más acertado para determinar el grado de conexión de la red considerando distancias: una red completa (totalmente conectada a distancia 1) tendría un valor de 1, una red totalmente desconectada tendría un valor de 0. En esta red el valor obtenido es 0,094, se trata de una red muy desconectada.

El coeficiente de clustering o agrupamiento de la red es 0,091. El valor tan bajo se debe a que son muchos los nodos aislados (13 nodos) y los que tienen grado 1 (12 nodos), que poseen coeficiente cero. De los 15 nodos restantes sólo para 5 de ellos existen relaciones entre sus vecinos (I1, I8, I6, I4 y C8), precisamente los que forman cliques en la red. Remitiéndonos a sus características particulares, se trata

de unidades de investigación que son más grandes que la media en cuanto al número de personas que integran la unidad, y también son entidades más antiguas. Su campo de actividad está principalmente en las Ciencias Sociales. El resto de aspectos considerados en el estudio de atributos, como tipo de financiación o dedicación principal, no son significantes.

En esta red se destacan por su centralidad de grado los nodos I1 (grado 5), I6 y C15 (grado 4), I4, I8, I9, C8 y C16 (grado 3). La media de centralidad de grado es 1,350 y la desviación típica de 1,314: ambos valores muy cercanos entre sí aseveran el alto grado de variabilidad de esta red. La media indica que aproximadamente cada unidad de investigación mantiene relaciones solamente con otra: es un valor que es muy pequeño. Este valor debe entenderse en el contexto de existencia de muchos nodos aislados.

Son también esos nodos, cambiando ligeramente el orden, los que poseen los valores más altos de grado de cercanía, de intermediación, y centralidad de valores propios de Bonacich (1972). De hecho, los coeficientes de correlación entre los conjuntos de medidas dan valores por encima de 0,84.

El grado de intermediación para toda la red es 9,09%, y el de intermediación de flujo es 8,80%, lo que significa que el dominio de los flujos de comunicación entre todas las unidades de investigación no está centralizado en una única unidad para toda la red. Esta media es engañosa al haber tanta fragmentación. Si se analiza el componente principal mayor, que concentra el mayor número de relaciones, se tiene un valor muy alto de este índice (43,30%), debido a que una cantidad muy grande de los flujos pasan por el nodo I1 (aquí su intermediación es del 54,78%).

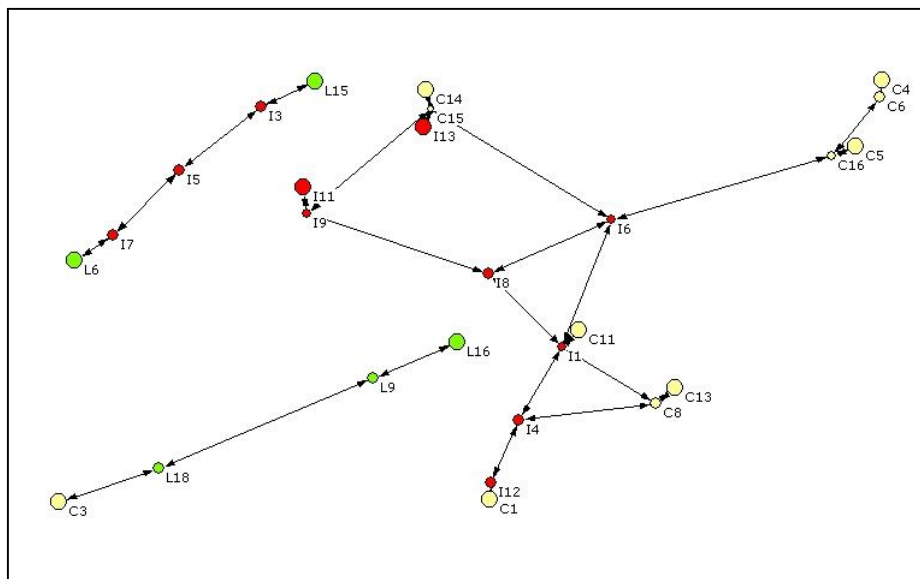
En cuanto a los cliques existentes en la red, son precisamente los nodos más centrales del componente principal mayor los que forman dos cliques, (I1, I6, I8) y (I1, I4, C8). Es notable la presencia del instituto I1 en ambos. Estos dos grupos cohesionados están formados principalmente por institutos, además están en la zona central del componente mayor y controlan todo el flujo de información y recursos de todo ese componente.

En esta red hay 10 agrupaciones de n-cliques de orden 2 con al menos 4 nodos. Se destacan los nodos I4, I1 y C8 por un lado, y los nodos C15, I6 e I8 por otro, porque son los que más solapamientos poseen en estas agrupaciones, y por tanto, se consideran los nodos que pueden transmitir más recursos entre los subgrupos.

En cuanto a los k-núcleos, eliminados aquellos más pequeños (con un k menor) hasta encontrar los grupos más densos, se obtiene que el grupo más denso es el formado por los nodos I1, I4, I6, I8, I9, C8 y C15.

Incluimos en nuestro estudio el análisis de agujeros estructurales por su importancia en esta red. Un agujero estructural es una situación en la que un nodo (un ego) puede aprovechar su relación con otros dos nodos (sus alteri) entre los cuales no hay relación. En este caso el ego puede sacar ventaja de su posición al convertirse en intermediario entre los dos nodos con los que se relaciona. En general, cuando eso sucede en una red significa que son nodos más eficaces que el resto, y suelen obtener mejores rendimientos, un mejor desempeño, mayor rentabilidad, etc.

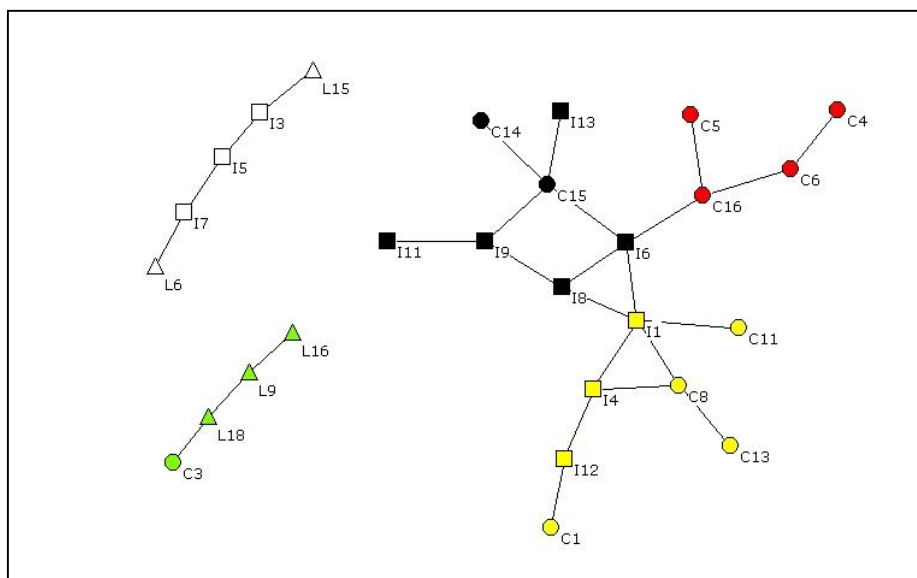
Los agujeros estructurales se pueden representar mediante distancias entre nodos, las distancias más grandes suponen que hay un “agujero” que puede ser aprovechado por algún nodo. Eso es lo que se representa en el Gráfico 3. En este mismo gráfico se presentan los nodos de tamaño más grande como los nodos más dependientes de otros nodos. Los nodos de tamaño más pequeño, como C15, I1, I6, C16, I9 o los nodos intermedios de los componentes lineales tienen menores restricciones en sus relaciones que el resto.



**Gráfico 3.** Agujeros estructurales de la red interna. Las distancias indican que hay un “agujero” estructural. Los nodos más pequeños son los menos dependientes.

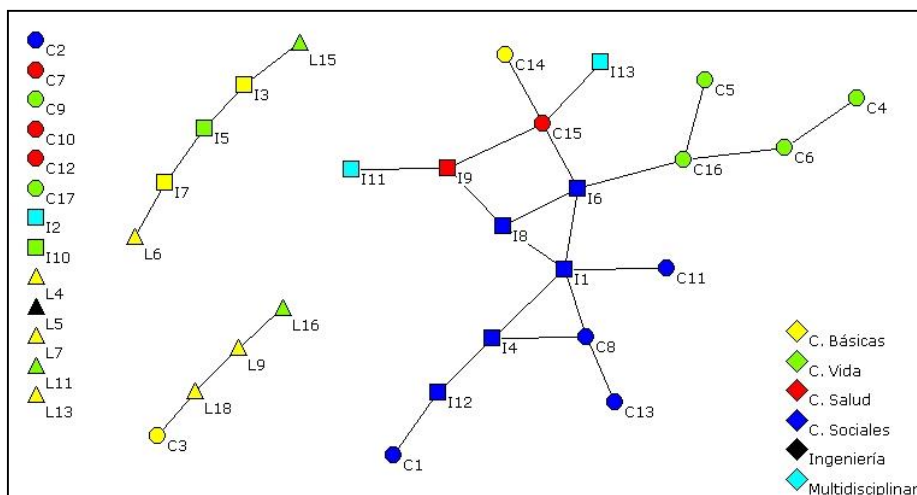
En relación con las comunidades detectadas en esta red, esto es, el conjunto de nodos que está más densamente conectado entre sí que con el resto de nodos, hemos utilizado el método de Louvain (Blondel *et al.*, 2008) para su obtención. Este método trata de maximizar una función de modularidad que mide la calidad de una posible

división de la red en comunidades. Se han obtenido las comunidades que se muestran en el Gráfico 4. Los componentes lineales forman comunidad entre sí, como era de esperar. El componente mayor dispone de tres comunidades.



**Gráfico 4.** Comunidades detectadas en la red interna utilizando el método de Louvain.

Hemos buscado alguna característica de los nodos que permitan justificar este agrupamiento en comunidades: tipo de unidad (centro, instituto, laboratorio), fecha de fundación, pertenencia a grupos nacionales o internaciones, número y tipo de personal, dedicación principal de los integrantes (docencia, investigación, gestión, extensión), y principal fuente de financiación (la propia UP, proyectos, contratos, otras fuentes); y no hemos encontrado correlación significativa con las comunidades detectadas. Sin embargo, cuando hemos comprobado los campos de actividad de las unidades de investigación de la UP, hemos visto que sí hay una buena correlación con las comunidades detectadas en el estudio. Compárense los Gráficos 4 y 5.



**Gráfico 5.** Campo principal de actividad de los CIL de la UP. Compárese con las comunidades detectadas en el Gráfico 4.

Si se considera la medida del índice E-I, una medida de homofilia, esto es, tendencia a relacionarse con los de la misma clase (McPherson *et al.*, 2001), se obtiene un valor de -0.259, es decir, predominan ligeramente las relaciones entre unidades del mismo campo, lo cual era algo lógico de esperar: las unidades del mismo campo tienden a colaborar entre sí porque tienen actividades comunes.

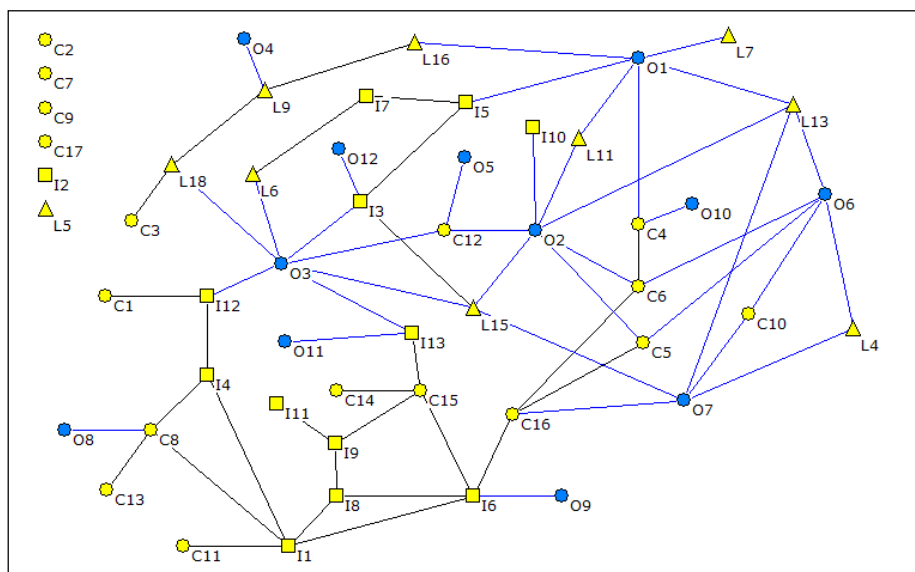
### Redes de colaboración con otros entornos

En este apartado veremos las características principales del resto de redes detectadas en el estudio. Utilizaremos un enfoque principalmente comparativo para determinar cómo influyen las relaciones con los agentes de cada entorno sobre las unidades de la red interna de colaboración.

#### *Red de colaboración con CIL externos*

Es la red formada por las relaciones mantenidas por las unidades de investigación de la UP con otros CIL no pertenecientes a la UP durante el periodo analizado. La red consta de 52 nodos, 40 de la UP y 12 externos. El 55% de nodos de la UP (22 nodos) habían colaborado en actividades de I+D con los otros CIL. El número de relaciones entre estos dos entornos fue de 37 relaciones de un máximo posible de 480 (40x12), lo cual indica una densidad del 7,7%, mayor que la existente entre unidades internas de la UP (3,46%).

En esta red el número de nodos conectados es 46, con una inclusividad del 88,5%. Esto supone que varios de los nodos aislados en la red interna vista previamente están ahora conectados por medio de los CIL externos: nodos C10, C12, I10, L4, L7, L11 y L13. El diámetro de la red aumenta, ahora es 8, ello se debe a que varios nodos de la UP se unen a la red por los CIL externos. El Gráfico 5 muestra la red en mención que identifica a las unidades de la UP en color amarillo y a los otros CIL en color azul. Es una red no conexas con un componente principal y seis nodos aislados.



**Gráfico 6.** Red de colaboración con CIL externos. Las unidades de la UP se indican en color amarillo, los CIL externos en color azul.

La fragmentación de esta red (porcentaje de nodos que no son alcanzables por un camino desde otro) es del 21,9%, bastante menor que para la red interna de colaboración (78,3%). Eso supone que el intercambio de recursos, conocimiento, información, saber hacer, etc., entre las unidades de investigación de la UP se potencia con la inclusión de CIL externos.

La centralidad de grado más alto para esta red lo poseen dos nodos externos, O3 y O2 (grado 7). Aunque 7 de los 12 nodos externos tienen grado 1, los otros 5 han sido citados por varias unidades de la UP.

El grado de cercanía es muy parecido para todos los nodos, no así el de intermediación, en el que destaca el nodo O3, y en menor medida los nodos I6, C16, O2 e I12, en ese orden. Una vez computados el índice de Bonacich para los nodos de esta red (pese a no conocer las relaciones que pueden haber mantenido entre sí las entidades externas, nos interesa conocer este indicador para determinar la influencia que las nuevas relaciones tienen sobre las unidades de la UP), destacan O2, L3, O7,

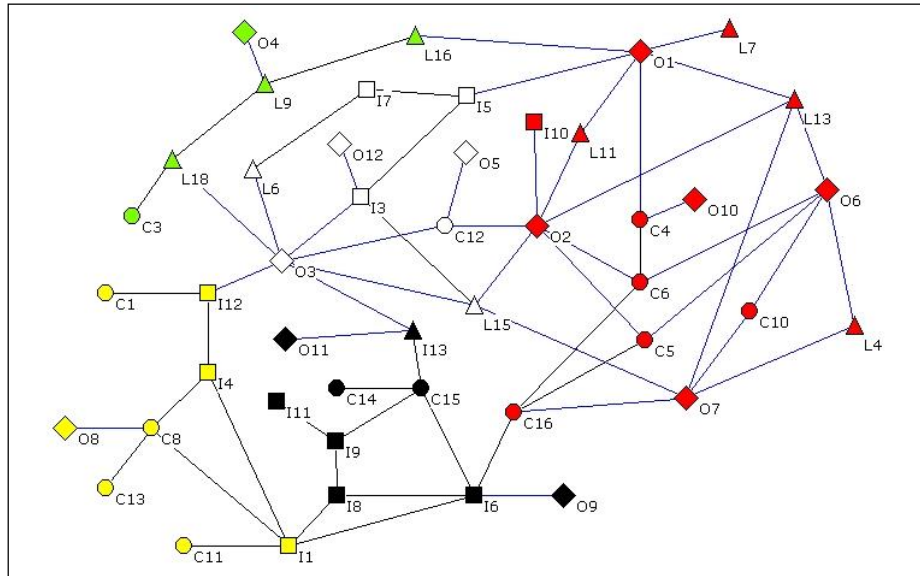


L15, O6, C6 y O3. Son los nodos centrales considerando la estructura global de la red.

Puede observarse que el intercambio de recursos, conocimiento, información, saber hacer, etc., entre las unidades de investigación de la UP se potencia con la inclusión de CIL externos. El diámetro aumenta en una unidad, pero ello permite que unidades de la UP que aparecían desconectadas de la red interna ahora estén integradas en ese intercambio de recursos. En relación con los nodos importantes, se observa que son los otros CIL los que obtienen medidas de centralidad mayores, en especial O3 y O2. Los laboratorios han mejorado sus valores de centralidad pues al incluir a los otros CIL también se han incluido ellos en la red de colaboración, más que los centros de investigación.

En cuanto a los cliques y n-cliques, nos interesa conocer los nuevos que se forman al incluir los CIL externos. Aparece uno nuevo, formado por I3, L15 y O3. Si se consideran n-cliques de orden 2 con al menos 4 nodos se encuentran 33 n-cliques. Los nodos que pueden ser considerados más importantes por pertenecer a varios de ellos son los nodos L13, C6, O2 y O7, por un lado, y los nodos I3, I5, L15 y O3, por otro. En comparación con los cliques encontrados en la red interna, se observa que los nodos I3, L15 y O3 forman precisamente un clique, puede decirse entonces que es ese el grupo que forma el círculo más íntimo y el que puede transmitir más recursos entre los diferentes subgrupos en la red.

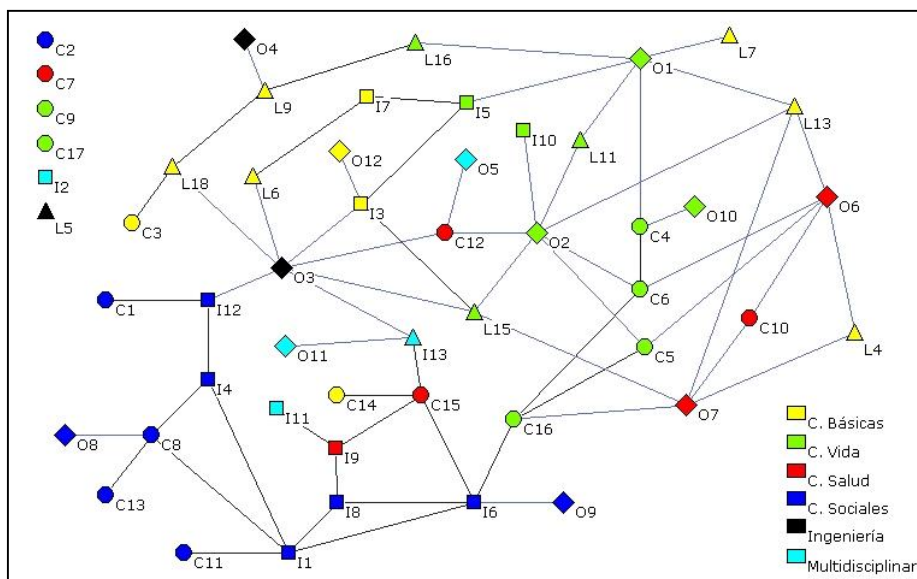
Mediante el método de Louvain puede observarse en el Gráfico 7 las comunidades detectadas. Algunas comunidades se mantienen respecto de la red interna de colaboración (se han mantenido los colores para apreciarlo mejor respecto del Gráfico 4). Las comunidades se mantienen, solamente aumentan en número de integrantes. Ello es algo positivo, pues la inclusión de nuevos nodos y relaciones no perturba las comunidades encontradas, al revés, las mantiene.



**Gráfico 7.** Comunidades detectadas en la red de colaboración con CIL externos. Se mantienen respecto de la red interna de colaboración.

Nos interesa conocer la situación que en cuanto a agujeros estructurales se produce al incluir los CIL externos, ello nos dará idea de la dependencia que las unidades de investigación de la UP tienen respecto de agentes externos. Se ha encontrado que los nodos con menos restricciones son O2, O3, O1, O7 y O6. Todas entidades externas. Ello no es nada favorable para las unidades de la UP.

En el Gráfico 8 se pueden ver los nodos coloreados por la actividad principal de las entidades. Para esta categorización en campos de actividad se obtiene un índice E-I en esta red de valor -0.063. Es un valor muy cercano a cero, lo que indica que no hay preferencia en las relaciones por campos de actividad. Es de destacar la alta densidad de relaciones en dos campos específicos, el de las Ciencias Sociales (proveniente de la red interna de colaboración, ya conocido), y el campo de las Ciencias de la Vida, parcialmente ya visto en la red interna. Este caso es especialmente importante, pues se unen a la red otras unidades de la UP del campo de Ciencias de la Vida por medio de CIL externos de ese mismo campo.



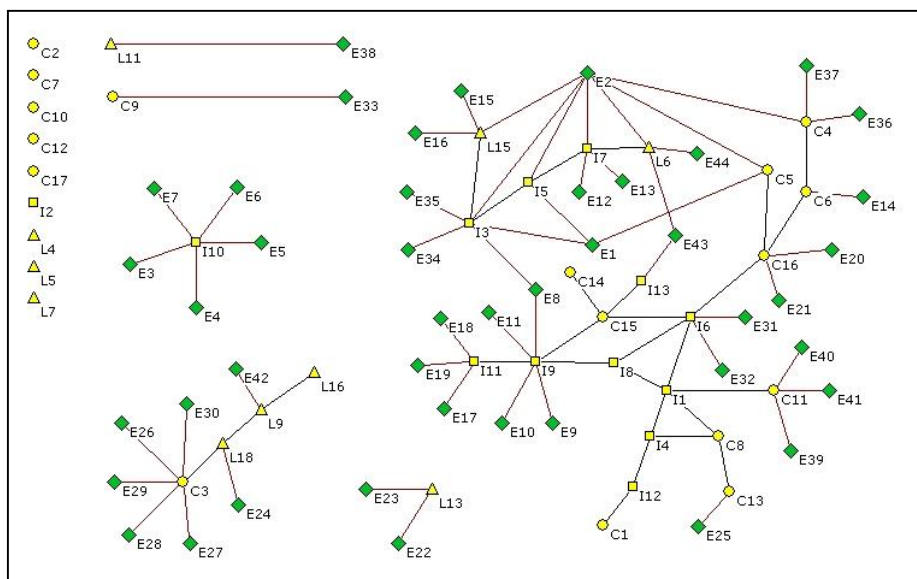
**Gráfico 8.** Campo principal de actividad de la red de colaboración con CIL externos.

Es de destacar igualmente que la unidad que ha presentado medidas más altas de centralidad es un CIL externo a la UP (el nodo O3), que tiene un campo de actividad en la Ingeniería y Tecnología, precisamente un campo de actividad principal no existente en ninguna unidad de la UP. Ello hace pensar que las unidades de la UP colaboran en actividades de I+D con esa unidad externa porque dentro de la UP se requiera esta actividad en el campo tecnológico.

Finalmente, debe indicarse que la agrupación en campos de actividad sigue con algún cambio las comunidades detectadas con el método de Louvain, por ejemplo, si se agrupa el campo de actividad de Ciencias de la Vida y Ciencias de la Salud. Las Ciencias Sociales encajan también bastante bien con lo detectado. El resto de campos de actividad, con pequeños cambios, también aparecen reflejados en los resultados de esas técnicas de obtención de grupos.

#### *Red de colaboración con empresas*

Se trata de una red formada por 40 unidades de la UP y 44 empresas referenciadas. En los últimos cinco años 22 unidades de la UP habían colaborado con el entorno de empresa, esto es, el 55% del total de unidades de la UP. La inclusividad en la red es del 89,3%. Esto supone que algunos de los nodos aislados en la red interna de colaboración están ahora conectados por medio de empresas (nodos C9, I10, L11 y L13). El Gráfico 10 muestra la red en mención que identifica a las unidades de la UP en color amarillo y a las empresas en color verde. Es una red no conexa con seis componentes principales, además de los 9 nodos aislados.



**Gráfico 9.** Red de colaboración con empresas. Las unidades de la UP aparecen en color amarillo y a las empresas en color verde.

El número de relaciones entre las unidades de investigación de la UP y las empresas fue de 54 relaciones de un máximo posible de 1760 (40x44), lo cual indica una densidad del 3,1%, muy pequeña. Ello se debe a que son muchas las empresas que solamente tuvieron contacto con una única entidad de investigación de la UP.

Con la inclusión de empresas el diámetro es de 9, mayor que para la red interna, ello se debe a que varios nodos de la UP se unen a la red por medio de empresas. En esta red resaltan por su grado los nodos I9, E2 e I3 (grado 7), y C3 e I6 (grado 6). El valor más alto del índice de Bonacich lo tienen los nodos E2, I3, I5, I7 y L15. La empresa E2 sobresale porque es la más referenciada por las unidades de investigación de la UP.

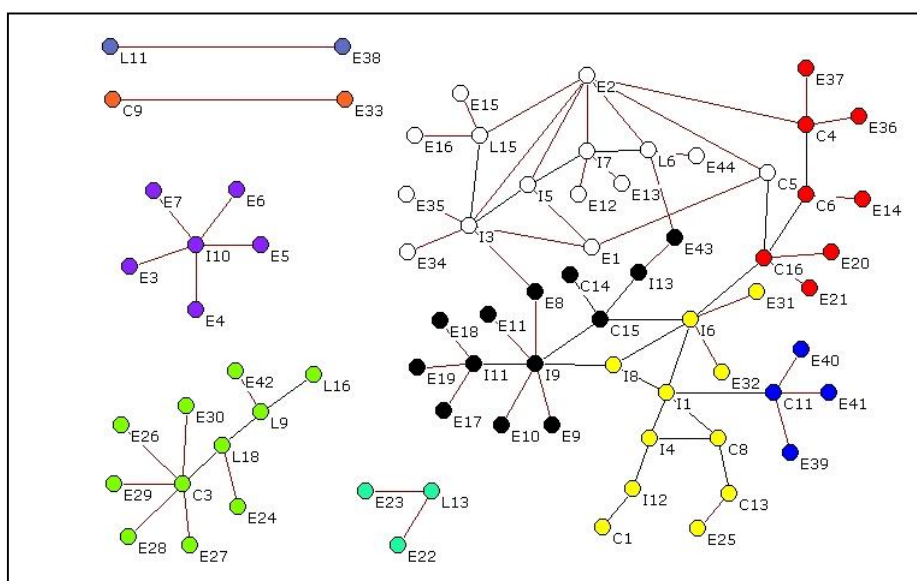
Al incluir las empresas en la red interna de colaboración hay una mejoría en la inclusividad, pero aparecen nuevos componentes. Ello indica que la inclusión de empresas no mejora sustancialmente los aspectos de la red de colaboración interna. Ello se debe principalmente a que las empresas han sido referenciadas en su mayor parte por una única unidad de investigación de la UP: 40 de las 44 empresas han sido referidas solamente una vez. Se da el caso de que la empresa E2 ha sido referenciada por 7 unidades, y la empresa E1 por 3 unidades.

En cuanto a los nuevos cliques que han aparecido, vemos que son varios, la mayoría debidos a que la empresa E2 ha colaborado con entidades internas que a la vez colaboraban entre sí. Si se consideran n-cliques de orden 2 con al menos 4 componentes se encuentran 24 n-cliques. Los nodos que pueden ser considerados

más importantes por pertenecer a varios de ellos son los nodos E2, I1, C5, C16, e I6. Como era de esperar, E2 aparece también.

En cuanto a los agujeros estructurales que pueden haberse creado en las unidades internas de la UP al incluir las empresas, hemos observado que no se ha producido tal hecho, incluso aparece el nodo I10 como menos dependiente, recordemos que en la red interna estaba desconectado, porque mantiene relaciones con 5 empresas.

En el Gráfico 10 pueden observarse las comunidades detectadas mediante el método de Louvain, que son 10, cinco de ellas son componentes principales. Se aprecia que la inclusión de empresas apenas cambia la configuración de comunidades.



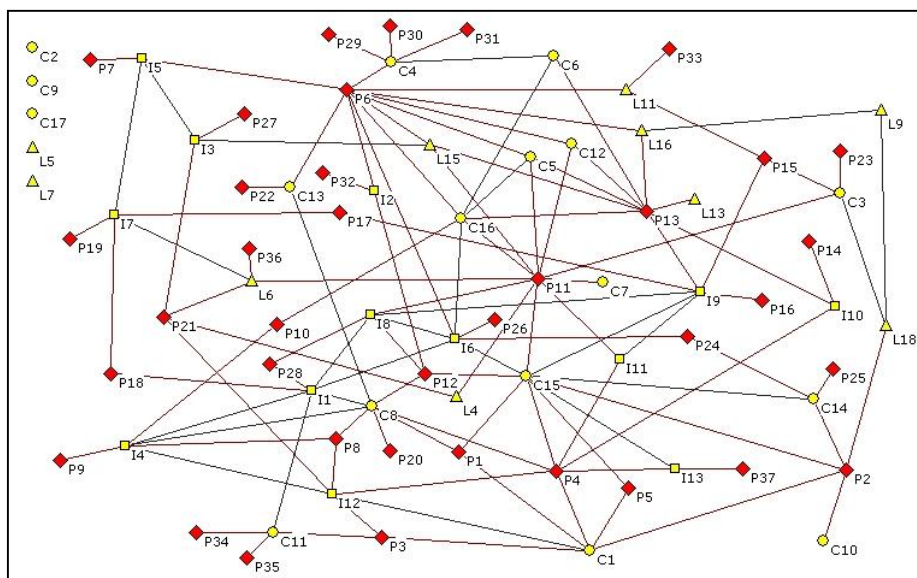
**Gráfico 10.** Comunidades detectadas en la red colaboración con empresas. La inclusión de empresas apenas modifica la configuración de comunidades.

En cuanto a las actividades principales que realizan las empresas, a partir de las 12 empresas que aceptaron ser entrevistadas, se ha comprobado que, como cabía esperar, las unidades de investigación colaboran con aquellas empresas que tienen campos de actividad relacionados.

#### *Red de colaboración con entidades públicas*

Se trata de una red formada por 40 unidades de la UP y 37 entidades públicas referenciadas por aquellas en los cinco años del estudio. En esta red 34 unidades de la UP había colaborado en actividades de I+D e innovación con entidades públicas, lo cual supone un porcentaje del 85% del total. La inclusividad de la red es del 93,5%. Algunos nodos aislados en la red interna se unen ahora a la red por medio de

entidades públicas (nodos C7, C10, C12, I2, I10, L4, L11 y L13). El Gráfico 11 muestra la red que identifica a las unidades de la UP en color amarillo y a las entidades públicas en color rojo.



**Gráfico 11.** Red de colaboración con entidades públicas. Las unidades de la UP aparecen en color amarillo y a las entidades públicas en color rojo.

El número de relaciones entre las unidades de investigación de la UP y las entidades públicas fue de 95 de un máximo posible de 1480 ( $40 \times 37$ ), lo cual indica una densidad del 6,4%, más alta que para la red interna de colaboración. Fueron varias las entidades públicas que habían mantenido relaciones de colaboración con más de una unidad de la UP.

La fragmentación de esta red es muy baja, del 12,6%. Ello indica que el intercambio de recursos, conocimiento, información, saber hacer, etc., entre los agentes se potencia con la inclusión de entidades públicas. La distancia media entre los nodos de la red es 3,46 (con desviación típica de 1,18). Esta distancia entre agentes es aceptable, sobre todo en una red sin componentes (salvo los 5 nodos aislados), para asegurar un acceso desde uno nodo a cualquier otro, aunque no conozcamos las relaciones que entre sí pueden haber mantenidos agentes externos a la UP. El diámetro de la red es 6. Es menor que para las redes vistas hasta ahora. Ello señala de nuevo que los nodos están más cerca entre sí.

Al incluir las entidades públicas en la red interna de colaboración hay una mejoría en la inclusividad., varias unidades de la UP se unen ahora al componente mayor. Se destaca que hay varias entidades públicas que han sido referenciadas simultáneamente por varias unidades de la UP (P11, P6, P13, P4). De hecho, el grado

es mayor para nodos de entidades públicas, lo que señala que En cuanto al grado de intermediación, es en general pequeño para todos los nodos, solamente destacan los nodos P6, C15 y P11.

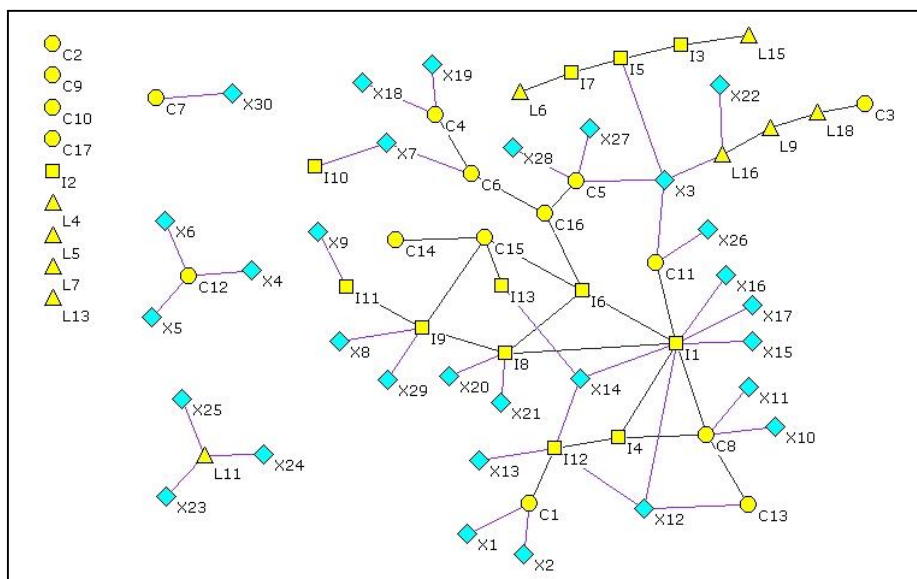
Al incluir las entidades públicas, aparecen un elevado número de cliques en comparación con la red interna de colaboración, destacando las entidades públicas P6, P13, P4 y P8 por pertenecer a varios de ellos. Si se consideran n-cliques de orden 2 con al menos 4 componentes se encuentran 103 n-cliques. Los nodos que son más importantes por pertenecer a varios n-cliques son los nodos P11, C15, I1, I6, C5 y C16.

En cuanto a la detección de comunidades empleando el método de Louvain, se encuentran 7 comunidades. En algunos casos las comunidades se mantienen respecto de la red interna, pero en otros hay algunos cambios, motivados por el elevado número de relaciones incorporado, por ello no se ha incluido el gráfico correspondiente.

En relación con los agujeros estructurales que pueden haber aparecido en las unidades de la UP, hemos comprobado que los nodos menos dependientes son P11, P6, C15, P13, I9, C8, etc., en ese orden. Nos encontramos de nuevo, al igual que sucedía con los CIL externos a la UP, con entidades públicas que poseen ventajas posicionales frente a las entidades de la UP.

#### *Red de colaboración con "otras entidades"*

Se trata de una red formada por 40 unidades de la UP y 30 de otras entidades no recogidas en los apartados anteriores, a las que se ha referido de forma genérica como "otras entidades". En los cinco años previos a la entrevista solamente 19 unidades de la UP habían colaborado en actividades de I+D con este entorno, lo cual supone un porcentaje del 48% del total de unidades entrevistadas de la UP. Es el porcentaje más bajo de todo el conjunto de tipos de agentes externos. Si se considera la red completa formada por unidades de la UP y "otras entidades" la inclusividad es del 87,1%. Algunos nodos aislados en la red interna se unen ahora a la red por medio de "otras entidades" (nodos C7, C12, I10, L11). Sin embargo el dato es engañoso, pues solamente I10 se ha unido al componente mayor, los otros tres nodos forman componentes con agentes externos. Destacar que los componentes lineales de la red interna original aparecen ahora unidos al componente principal mayor gracias a la entidad X3. El Gráfico 12 muestra esta red. Se observan varios componentes inconexos.



**Gráfico 12.** Red de colaboración con "otras entidades". Las unidades de la UP aparecen en color amarillo, las "otras entidades" en color cian.

El diámetro de la red (distancia más corta de los nodos conectados más alejados) es 10. Es bastante mayor que para la red interna (valor 7), el motivo es que dicho nodo X3 hace de punto de articulación entre los componentes iniciales de la red interna de la UP.

En esta red, la centralidad de grado más alto lo posee el nodo I1 (grado 10). Los nodos I12, I9, I8 y C8 poseen grado 5. Solamente el nodo X3 del entorno de "otras entidades" posee grado 4, para el resto de agentes de este entorno su grado es menor. Esto señala que son pocas los agentes de dicho entorno que colaboraron a la vez con varias unidades de investigación de la UP. Salvo para el nodo I1, el resto de nodos de la UP ha cambiado poco su densidad local respecto de la red interna.

En cuanto a los cliques encontrados, vemos que no aparecen nuevos respecto de la red interna. Los nuevos n-cliques tampoco tienen nodos externos importantes por pertenecer a varios de ellos.

Si se aplica el método de Louvain para detectar comunidades, prácticamente se mantienen las originales detectadas, por eso no se presenta el gráfico correspondiente. Esto es algo favorable, si se recuerda que esta división en comunidades era bastante aproximada a la agrupación por campos de actividad. Tampoco se ha incluido el gráfico de los agujeros estructurales, baste decir que son los nodos I1, I9, I12, I8, C8 y X3, en ese orden, los que tienen menos dependencias estructurales.

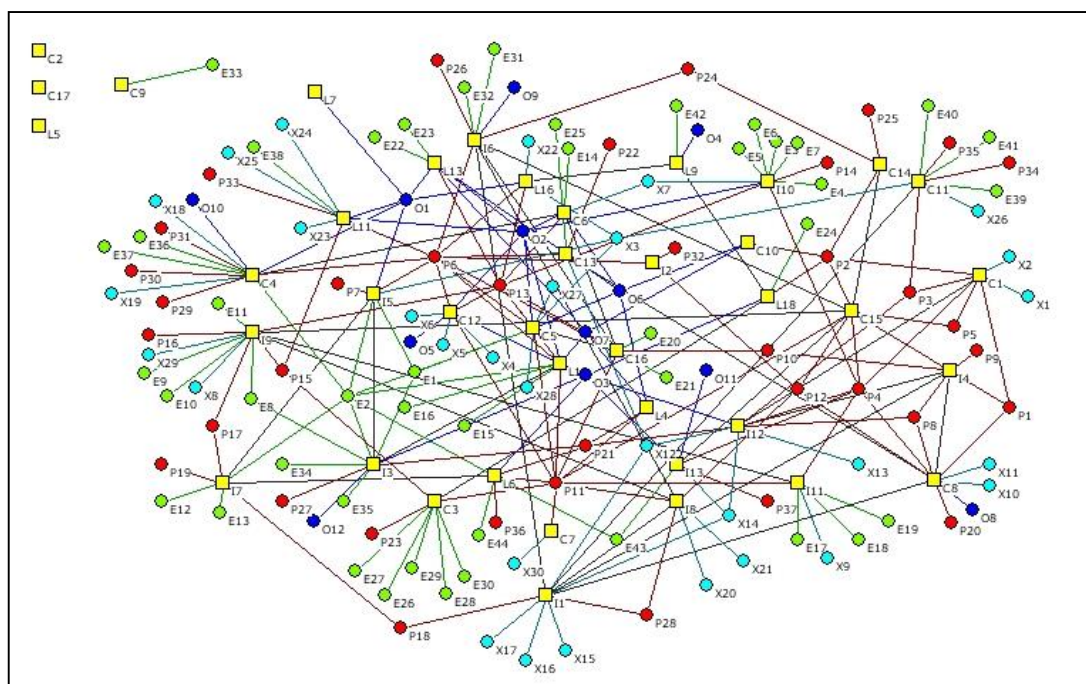


Al incluir las “otras entidades” en la red interna de colaboración se destaca que los tres componentes principales de la red interna original están ahora conectados. Este aspecto es dependiente de la entidad X3, por la que circula ahora un flujo de recursos elevado. No obstante, aparecen otros componentes inconexos que dificultan la comunicación entre todos los nodos de la red.

## Red de colaboración completa

En esta apartado se estudia la red de colaboración completa entre las unidades de investigación de la UP y el resto de agentes de los otros entornos. Recordemos que no se dispone de información sobre las relaciones que pueden haber mantenido entre sí los agentes externos a la UP. La red completa está formada por 40 unidades de la UP, 12 CIL externos, 44 empresas, 37 entidades públicas y 30 de otras entidades, en total, 163 nodos. En los cinco años analizados, 37 unidades de la UP colaboraron en actividades de I+D e innovación con agentes externos, lo cual supone un porcentaje del 93%.

El Gráfico 13 muestra la red completa que identifica las unidades de la UP en color amarillo, los otros CIL en color azul, las empresas en color verde, las entidades públicas en color rojo, y las “otras entidades” en color cian.



**Gráfico 13.** Red de colaboración completa. Las unidades de la UP aparecen en color amarillo, los otros CIL en color azul, las empresas en color verde, las entidades públicas en color rojo, y las “otras entidades” en color cian. Los nodos externos aparecen como círculos.

En esta red aparecen tres nodos aislados, un componente formado por dos nodos, y el componente principal con el resto de nodos. El número de relaciones existente entre los nodos de la UP y el resto de entornos se muestra en la Tabla 2 diferenciando por tipo de unidad de la UP. Se recuerda que el número de relaciones internas entre nodos de la UP fue de 27.

	Otros CIL	Empresas	Entidades públicas	Otras entidades	Red completa
Centros	13 (6,4%)	18 (2,4%)	44 (7,0%)	17 (3,3%)	<b>92 (4,4%)</b>
Institutos	8 (5,1%)	25 (4,4%)	36 (7,5%)	16 (4,1%)	<b>85 (5,3%)</b>
Laboratorios	16 (13,3%)	11 (2,5%)	15 (4,1%)	5 (1,7%)	<b>47 (3,8%)</b>
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>95</b>	<b>38</b>	<b>224 (4,6%)</b>

**Tabla 2.** Número de relaciones entre los CIL de UP y los agentes externos.

El valor de fragmentación de la red es del 6,10%. No es del 0% porque hay tres nodos aislados y un componente de dos nodos. El diámetro de la red, esto es, la distancia por el camino más corto entre los nodos conectados más alejados, es de 7, el mismo que para la red interna de colaboración. Ello se debe a que la mayoría de los agentes externos referenciados lo fue solamente por una unidad de la UP. El porcentaje de agentes externos referenciados solamente una vez por las unidades de la UP es el 75,6% (93 de 123).

En la red completa destacan por su centralidad de grado los nodos I9 (grado 13), I1 y C4 (grado 12), y P11, P6, C5, I3 y C8 (grado 11). Hay 95 nodos con grado 1, los 93 ya indicados y 2 entidades de la UP. El grado de intermediación es pequeño para todos los nodos de la red, sobresalen sólo ligeramente por encima de los demás los nodos P6, P11, I9, I1, y C4, en este orden.

En cuanto a nodos centrales de acuerdo a la medida de valores propios de Bonacich que utilizamos como comparativa de la red interna aunque no se conozca las relaciones entre las unidades externas a la UP, se ha obtenido que los nodos más importantes son los siguientes, en este orden: P6, C5, L15, P13, P11, C12, O2, C16, E2, L13 y O3. Se destacan varias entidades públicas (P6, P13, P11) y dos de otros CIL (O2, O3).

La incorporación de relaciones externas es beneficiosa desde el punto de vista de los recursos que fluyen por la red, y por tanto, para el sistema de innovación. Pero en las medidas de centralidad individual se destacan con frecuencia agentes que no pertenecen a la UP, y por tanto, no son controlables por la propia UP.

En la detección de comunidades con el método de Louvain se encuentran 14 comunidades distintas, tres de ellas se corresponden a los nodos aislados y otra al componente de dos nodos. Las comunidades que se han visto hasta el momento se ajustaban bastante a la red interna de colaboración. Sin embargo, con todos los nodos el número de comunidades es bastante grande y los nodos originales se han repartido por ellas, por eso no mostramos el gráfico correspondiente.

La red completa de colaboración tiene 95 puentes, que se corresponden con los 95 nodos de grado 1. No existen más puentes, lo cual significa que el resto de nodos tiene al menos dos relaciones con otros agentes en la red. Ello es importante a la hora de asegurar el flujo de recursos. El conjunto  $\lambda$  indica los nodos de la red que poseen más flujo. Son los nodos C15, P6 y P11, les siguen C5, I1, I12 y P13.

Finalmente, los nodos que aparecen más eficaces de acuerdo a los agujeros estructurales detectados en la red son los nodos: C4, I9, P11, P6, C5, I10, L15, L11, I3. De nuevo aparecen las entidades públicas P11 y P6 que han salido en medidas anteriores.

### **Obstáculos a las relaciones**

Se preguntó a los diferentes agentes (CIL de la UP y agentes externos) por los posibles obstáculos que habían tenido a la hora de establecer relaciones de colaboración para el desarrollo de actividades en I+D. La Tabla 3 muestra el número de respuestas obtenido; se ha ordenado por la suma del número de respuestas que indicaron situaciones que obstaculizaron las relaciones. Puede verse que los mayores obstáculos son la falta de financiación pública, la información disponible para encontrar entidades, la dificultad en las negociaciones previas, las diferencias en las prácticas de trabajo y la falta de normativa. Esta información debe ser de enorme utilidad para los responsables de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, para las instituciones científicas y para el gremio empresarial, pues sugieren aspectos a mejorar en sus respectivos ámbitos de actuación en el proceso de innovación.

#	Situación	No ha supuesto obstáculo	Obstáculo	
			Moderado	Elevado
1	La financiación pública disponible	19	24	43
2	La información disponible para encontrar entidades adecuadas a las necesidades de la institución/organización/empresa	33	34	19
3	Las negociaciones y procesos administrativos requeridos	33	22	31
4	Las diferencias entre las prácticas de trabajo de la institución/empresa y las demás entidades	40	34	12
5	El débil fomento de leyes que permitan establecer relaciones de colaboración	44	21	21
6	La falta de interés por establecer relaciones con entidades diferentes	48	22	16
7	La tendencia de la institución/empresa hacia la difusión de los resultados	58	20	8
8	La distancia geográfica entre la institución/organización y las demás entidades	73	10	3
9	Las diferencias culturales existentes	77	6	3
10	La protección de la confidencialidad de los resultados	78	3	5
<b>Total de respuestas</b>		<b>503 (58%)</b>	<b>196 (23%)</b>	<b>161 (19%)</b>

**Tabla 3.** Situaciones que pueden obstaculizar las relaciones de colaboración en opinión de todos los entrevistados, agentes internos y externos a la UP.

## Conclusiones

El marco conceptual de los Sistemas de Innovación revela la importancia que tienen las relaciones entre las instituciones y organizaciones para la participación activa y coherente en el proceso de innovación. Entre los actores cabe señalar el papel significativo que desempeña la universidad, tanto por su aporte de recursos humanos cualificados como por generar conocimiento con potencial utilidad social.

La red de colaboración interna que forman entre sí las unidades de investigación de la UP posee un valor de inclusividad bajo, con una densidad muy pequeña que evidencian una conectividad y un flujo de recursos muy escasos. A ello se une la existencia de muchas unidades que no se relacionan y también de componentes desconectados, lo cual supone un valor de fragmentación muy alto y un valor de compacidad extraordinariamente pequeño. La existencia de nodos aislados y de varios componentes hace que los valores de cercanía sean también muy bajos, lo cual es indicativo de que en general la información y los recursos se transmiten entre nodos muy lentamente. Se destaca la existencia de tres entidades (dos institutos y un centro de investigación) que, por ser centrales en el componente principal mayor,

poseen valores altos de cercanía, de intermediación y de centralidad de valores propios, que los hace ser especialmente importantes en el control del flujo de información que circula en ese componente. Se trata de los nodos que poseen menores restricciones con el resto de nodos, lo que les dota de cierta ventaja en cuanto a eficacia y rendimiento.

Al considerar la red de colaboración con CIL externos a la UP se aprecia un aumento destacable en la inclusividad, ello se debe a que varias unidades de la UP se incluyen en la red gracias a las relaciones con esas unidades externas. Pese a la existencia de algunos nodos aislados, la conectividad también aumenta de forma notable, lo cual indica que el intercambio de recursos, conocimiento, información, saber hacer, etc., entre las unidades de investigación de la UP se potencia con la inclusión de CIL externos. Son, sin embargo, varias entidades externas las que poseen valores más altos de centralidad, y ello supone una desventaja para las unidades de investigación de la UP, pues deja en manos externas el control de los agujeros estructurales detectados en la red. En este sentido, si bien es importante la colaboración en los campos de actividad de las Ciencias Sociales y de las Ciencias de la Vida, destaca de manera particular una unidad externa que concentra valores muy altos de centralidad de la red, y que posee un campo de actividad en la Ingeniería y Tecnología. Ello evidencia la necesidad de fortalecer este campo de actividad en las unidades de investigación de la UP para evitar esa dependencia externa.

Al considerar la red de colaboración formada por las unidades de investigación de la UP y las empresas, se observa que la inclusividad también aumenta, si bien la existencia de varios nodos aislados y de varios componentes hace que la situación no mejore significativamente. Ello se debe a que la mayoría de las empresas solamente fue referenciada por una unidad de la UP, lo cual denota que las actividades comerciales o dirigidas a empresas tienen poca prioridad en dichas unidades. Ello muestra también que las empresas privadas buscan específicamente a la unidad de investigación que satisfaga sus necesidades.

La red formada por las unidades de la UP y las entidades públicas posee unos valores de inclusividad muy altos, pues muchas unidades inicialmente aisladas en la red interna se unen ahora por medio de las entidades públicas. También es alto el valor de conectividad. En general, las entidades públicas se relacionaron con más de una unidad de investigación de la UP. Pensamos que ello se debe a la cercanía institucional de la UP a dichas entidades. Algunas de las entidades públicas poseen valores altos de centralidad en esta red, y por ello, ventajas posicionales respecto al resto de actores.

En relación con el último tipo de actores recogido en esta investigación, las “otras entidades” también la inclusividad aumenta respecto de la red interna, destacándose la incorporación de los componentes lineales de la red interna en el componente mayor, pero aparecen otros componentes inconexos. Existe una entidad externa que juega un papel importante al ser un punto de articulación que une los mencionados componentes separados de la red interna, y que, por tanto, tiene ventajas posicionales respecto de otros nodos en la red.

Si se considera la red completa formada por todos los agentes, es destacable que la inclusividad aumenta, y la fragmentación es muy baja, con solamente tres nodos desconectados. Se confirma que la incorporación de relaciones externas es beneficiosa desde el punto de vista del intercambio de recursos y conocimientos que fluyen por la red y para los procesos de innovación, pero la densidad de relaciones sigue siendo muy baja.

Se destacan en la red completa, por sus valores de centralidad, los dos institutos y el centro de investigación que ya poseían valores relevantes en la red interna, y que siguen siendo importantes para el control de flujo de información que circula por la red. Aparecen también otros agentes externos que también son importantes en el control de flujo de recursos y de información por la red, y cuyas relaciones deben cuidarse para evitar desconexiones de la red. Ello supone una desventaja para las unidades de investigación de la UP, pues deja en manos externas el control de los agujeros estructurales detectados. Dicha situación se debe tener en cuenta a la hora de planificar políticas adecuadas de incentivación de las relaciones, tanto internas como externas.

De los resultados se desprende que las interacciones entre las unidades de investigación de la Universidad de Panamá y los demás actores son muy débiles y la dispersión existente en la interacción es excesiva para que pueda asegurarse el desarrollo eficiente y eficaz en el proceso de innovación.

Se detecta que las relaciones han surgido del esfuerzo individual en el intercambio de recursos ante necesidades concretas. Las redes encontradas han sido creadas de diferentes modos de acuerdo a explícitas necesidades de los actores involucrados, estando en general desprovistas de una planificación sistémica para el desarrollo de procesos de innovación. Una planificación adecuada sería especialmente importante para la toma de decisiones que ayuden a integrar entidades desconectadas y grupos dispersos.

Si bien el número de debilidades es superior al de las fortalezas, se piensa que a partir de ambas se pueden obtener fructíferos resultados. Igualmente, las debilidades

pueden constituir una guía para enfocar el trabajo en la creación y organización de las unidades de investigación por parte de las autoridades de la Universidad de Panamá.

## Referencias

- Ballart, X. (2001). *Innovación en la Gestión Pública y en la Empresa Privada: los casos de Óscar Fanjul, Pedro Fontana, Alberto Ledesma, Mercè Sala y Rafael Villaseca*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Batagelj, V. & Mrvar, A. (1998) Pajek-program for large network analysis. *Connections*, 21(2), 47-57.
- Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008. doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Bonaccorsi, A. & Piccaluga, A. (1994). A theoretical framework for the evaluation of university-industry relationships. *R&D Management*, 24(3), 229-247. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9310.1994.tb00876.x>
- Bonacich, P. (1972). Factoring and Weighting Approaches to status scores and clique identification. *The Journal of Mathematical Sociology*, 2(1), 113-120. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/0022250X.1972.9989806>
- Borgatti, S.P., Everett, M.G. & Freeman, L.C. (2002). *Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research policy*, 29(4), 627-655. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- Burt, R.S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press.
- Carayol, N. (2003). Objectives, agreements and matching in science-industry collaborations: reassembling the pieces of the puzzle. *Research Policy*, 32(6), 887-908. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00108-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00108-7)
- Castro, E. & Fernández, I. (1995). *La nueva política de articulación del Sistema de Innovación en España*. En: Actas de Gestión tecnológica, competitividad y empleo: VI seminario latinoamericano ALTEC'95. Concepción, Chile.

- Chan, W.K. & Mauborgne, R. (2005). *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market and Make the Competition Irrelevant*. USA: Harvard Business School Press.
- Chesbrough, H. (2006). *Innovación abierta: nuevos imperativos para la creación y el aprovechamiento de la tecnología*. Barcelona: Plataforma Editorial.
- Cross, R., Borgatti, S.P., & Parker, A. (2002). Making invisible work visible: Using social network analysis to support strategic collaboration. *California management review*, 44(2), 25-46. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/41166121>
- De Jong, J.P.J., Vanhaverbeke, W., Kalvet, T. & Chesbrough, H. (2008). *Policies for open innovation: Theory, framework and cases*. Research project funded by Vision Era-Net. Helsinki: Finland.
- D'Este, P., & Patel, P. (2007). University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry? *Research policy*, 36(9), 1295-1313. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2007.05.002>
- Drucker, P. (1985). *La Innovación y el empresario innovador*. Barcelona: Edhasa.
- Drucker, P. (2004). *La Sociedad Postcapitalista*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Edquist, C. & Hommen, L. (2008). Comparing national systems of innovation in Asia and Europe: Theory and comparative framework. En C. Edquist & L. Hommen (Eds.), *Small country innovation systems: Globalisation, change and policy in Asia and Europe*. Edward Elgar Publishers.
- Edquist, C., Malerba, F., Metcalfe, S., Montobbio, F. & Steinmueller, E. (2004). Sectorial systems: Implications for European innovation policy. En F. Malerba (Ed.), *Sectorial systems of innovation in Europe – Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe* (pp. 427-461). Cambridge University Press.
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24.
- Freeman, C. (1975). *La teoría económica de la innovación industrial*. Madrid: Editorial Alianza Universidad.
- Freeman, C. & Pérez, C. (1988). Technical Change and Economic Theory. En G. Dosi (Ed.) *Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour* (pp. 38-66). Nueva York y Londres: Pinter Publishers.
- Gloor, P. A., Paasivaara, M., Schoder, D., & Willems, P. (2008). Finding collaborative innovation networks through correlating performance with social network



- structure. *International Journal of Production Research*, 46(5), 1357-1371.  
Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00207540701224582>
- Hitt, M., Ireland, D. & Santoro M. (2004). Strategy and Performance: Achieving Competitive Advantage in Global Market Place. En A. O'Reagan (Ed.), *Developing and managing strategic alliances, building social capital and creating value* (pp. 13-34). London: Palgrave-Macmillan Publishing.
- Kao, J. (2007). *Innovation Nation: How America is Losing Its Innovation Edge, Why It Matters and What We Can Do to Get it Back*. USA: Free Press.
- Lundvall, B. (2007). National innovation systems—analytical concept and development tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Machín, J. (2011). *Redes sociales e incidencia en políticas públicas. Estudio comparativo México-Colombia*. México: Centro Cáritas de Formación para la Atención de las Farmacodependencias y Situaciones Críticas Asociadas. [http://revista-redes.rediris.es/webredes/novedades/Redes\\_sociales\\_IPP.pdf](http://revista-redes.rediris.es/webredes/novedades/Redes_sociales_IPP.pdf) (consulta 12/09/2012).
- Malerba, F. & Orsenigo, L. (2000). Knowledge, innovative activities and industrial evolution. *Industrial and corporate change*, 9(2), 289-314. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/icc/9.2.289>
- McPherson, M., Smith-Lovin, L. & Cook, J. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual review of sociology*, 27, 415-444. doi: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.soc.27.1.415>
- Molas-Gallart, J., Salter, A., Patel, P., Scott, A. & Duran, X. (2002). *Measuring Third Stream Activities*. Final Report to the Russell Group of Universities. Science and Technology Policy Research (SPRU). University of Sussex. Birmingham.
- Montero, C. & Morris, P. (1999). Territorio, competitividad sistémica y desarrollo endógeno. Metodología para el estudio de los Sistemas Regionales de Innovación. En *Actas del Seminario Internacional "Instituciones y Actores del Desarrollo Territorial en el Marco de la Globalización"*. Concepción, Chile, 14 y 15 de enero de 1999. Ed. Universidad de Bio Bio, Chile.
- Nahapiet, J. & Ghoshal, S. (1998). Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review*, 23(2), 242-266.
- OCDE (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. 3ra. Ed. París: OCDE Publications.

- Pérez, C. (1996). La modernización industrial en América Latina y la herencia de la sustitución de importaciones. *Comercio Exterior*, 46(5), 347-363.
- Porter, M. (1990). *La ventaja Competitiva de las Naciones*. Madrid: Plaza y Janés.
- Schartinger, D., Rammer, C., Fischer, M. & Frohlich, J. (2002). Knowledge interactions between universities and industry in Austria: Sectoral patterns and determinants. *Research Policy*, 31(3), 303-328. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00111-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00111-1)
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press.
- Sen, A. (1999). *Development as Freedom*. Oxford University Press.
- Toffler, Alvin (1995). *El Shock del Futuro*. Barcelona: Plaza & Janes Editores, S.A.