

CAPACIDAD INNOVADORA, REDES Y EL CRECIMIENTO DE LA EMPRESA EXPERIMENTAL: IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO REGIONAL Y LAS POLÍTICAS REGIONALES

Luis Suárez-Villa (*)

1. INTRODUCCIÓN

La creciente importancia de las empresas fuertemente orientadas a la investigación, en las que la invención es un objetivo fundamental, plantea nuevos retos al desarrollo regional y a su política. Podemos referirnos a estas empresas como *empresas experimentales*, dado el acentuado énfasis que se presta a la invención e innovación, su alta dependencia de las redes externas, la fluida organización interna, sus necesidades multidisciplinarias y la importancia fundamental de mantener una alta producción de nuevos descubrimientos. Los mejores ejemplos de estas empresas los podemos encontrar en algunas de las actividades con mayor intensidad de investigación de nuestros días, como son la biotecnología, el diseño de software, la bioinformática, ingeniería genética, nanotecnología y biorrobótica.

La supervivencia de la mayoría de las empresas experimentales depende de lo que podríamos llamar su *capacidad innovadora*, o posibilidad de producir un alto número de nuevas invenciones o de incrementarlas. Originalmente la capacidad innovadora fue introducida como un indicador de producción de invenciones de nivel macro (ver el sitio web www.innovativecapacity.com y Suárez-Villa 1990, 1993, 1996, 1997, 2000, 2001a 2001b, 2002c; Suárez-Villa y Hasnath 1993). Pero, también puede aplicarse individualmente a empresas y redes de empresas para determinar su intensidad de investigación y capacidad tecnológica. En este sentido, el caso de las empresas experimentales parece muy adecuado, dada la gran importancia de la productividad inventiva y su resultado, la innovación.

En este sentido, las redes pueden jugar un importante papel en el desarrollo de la capacidad innovadora de la empresa. En muchas compañías experimentales, el establecimiento de relaciones en red con otras pueden proveer los recursos vitales nece-

sarios para presentar nuevas invenciones e innovaciones. Por ello se han hecho habituales las colaboraciones interempresas en sectores de investigación intensiva en los que están asentadas muchas de pequeño y mediano tamaño, con recursos propios limitados y fuertes presiones para sostener o incrementar el flujo de nuevos descubrimientos.

Este trabajo considerará la relación entre empresas experimentales, sus redes y capacidad innovadora, junto con sus implicaciones en el desarrollo regional y su política. En la sección siguiente se considerará la influencia de la capacidad innovadora de la empresa. El papel de colaboración en redes y su importancia para intensificar la capacidad innovadora de la empresa se analizará en una sección posterior. Se prestará una atención especial al caso de empresas experimentales en el sector de la biotecnología, considerando los factores que promueven la colaboración y sus efectos en la capacidad innovadora, juntamente con un resumen de algunas evidencias empíricas. En la sección final analizaremos la forma en la que la teoría y la política de desarrollo regional podrían considerar las empresas experimentales, su capacidad innovadora y las redes, dada su importancia para algunas áreas geográficas.

2. CAPACIDAD INNOVADORA EN REDES

El principal objetivo de desarrollar la capacidad innovadora de una empresa es llegar a descubrimientos que puedan generar innovaciones. Las redes apoyan este proceso permitiendo a las empresas conseguir ventajas no obtenibles por sus propios medios. Hay varias formas de conseguir que las redes fomenten el incremento de su capacidad innovadora. Todas ellas implican una colaboración basada en relaciones con otras empresas, en las que la confianza es de importancia fundamental.

2.1. Acceso a los recursos

Las relaciones en redes pueden proporcionar acceso a nuevos conocimientos y otros recursos intangibles necesarios para apoyar la capacidad innovadora de una empresa. Esto se cumple frecuentemente cuando empresas con diversidad de personal cualificado y especialistas forman parte de una red y colaboran uniendo sus recursos. Hay campos, como por ejemplo la biotecnología, bioinformática, diseño de software, robótica y nanotecnología, en los que es esencial contar con recursos humanos multidisciplinares capaces y que difícilmente pueden encontrarse juntos en una sola empresa. Por lo tanto, la colaboración mediante redes puede ser vital para empresas de estos sectores, al ser a menudo la única forma en que pueden acceder a todo el personal cualificado necesario para inventar e innovar bajo consideraciones de coste-eficacia.

En el diseño de *software*, por ejemplo lingüistas, ingenieros informáticos, artistas gráficos y expertos en marketing colaboran frecuentemente con especialistas de *software* para conseguir nuevos productos (ver, por ejemplo, Clark y Edwards 1999; Tsang 2000). En biotecnología, a menudo deben reunirse biólogos, físicos, farmacólogos, ingenieros de *software* y químicos para definir los tipos de descubrimientos que constituyen la esencia de la capacidad innovadora de las empresas de biotecnología (ver Liebeskind y otros 1996; Robbins-Roth 2000; Orsenigo y otros 2001; Baldi y Brunak 2001). En robótica, a menudo se tiene que asociar personal específico de ingenieros mecánicos, zoólogos, ingenieros electricistas, especialistas ortopédicos e ingenieros de *software* para llegar a desarrollar nuevos sistemas o dispositivos (ver, por ejemplo, Taubes 2000; Menzel y D'Aluisio 2000; Webb y Consi 2001).

De forma similar, las redes facilitan el acceso a recursos tangibles, como la inversión de capital que se necesita para apoyar la capacidad innovadora. El desarrollo de la capacidad innovadora de una empresa con frecuencia requiere recursos financieros notables que, simplemente, no están disponibles en las instituciones financieras convencionales. En muchos sectores y actividades nuevos es corriente encontrar empresas con dificultades financieras. En biotecnología, por ejemplo, la capacidad financiera de las empresas es tal que aproximadamente un tercio de ellas generalmente tienen un capital disponible inferior al necesario para afrontar sus operaciones durante 12 meses (ver Suárez-

Villa y Walrod 2003). Para esas empresas, las redes son vitales para establecer contactos con socios potenciales que puedan facilitar los recursos financieros suficientes para emprender o continuar un proyecto de investigación.

Frecuentemente también se puede acceder mediante redes a recursos de otras empresas por medio de contrataciones externas o por acuerdos que puedan reforzar su capacidad innovadora posibilitando el ahorro de recursos internos que pueden reutilizarse en proyectos de investigación. Las actividades o tareas que son externalizadas permiten dedicar más recursos para investigar, siempre que las actividades contratadas se desarrollen con mayor eficacia por las empresas subcontratadas (ver, por ejemplo, Suárez-Villa y Fischer 1995; Suárez-Villa y Karlsson 1996; Suárez-Villa y Rama 1996; Suárez-Villa y Walrod 1997). En ese sentido, los recursos propios de las empresas pueden, por lo tanto, no solamente ser conservados y redistribuidos estratégicamente hacia la investigación, sino también incrementarse si el acuerdo de externalización genera valor añadido a un coste más bajo que el que tendría usando recursos propios.

A medida que la especialización de una empresa ahonda más en un sector o actividad, las redes resultan vitales para asegurar tales relaciones interempresas. Verdaderamente los acuerdos de externalización de servicios de muchas empresas se parecen hoy a una gran red o malla de conexiones, provocando un ahorro de recursos que muchas veces se traduce en un mayor apoyo material a la investigación. A menudo, la clave del éxito para empresas que están en el filo de la tecnología está en concentrarse en una actividad en la que puedan destacar, dejando que otras asuman las operaciones auxiliares. Muchas veces el desarrollo de una intensa capacidad innovadora puede depender de tales decisiones estratégicas. A medida que un nuevo sector tecnológico se desarrolla y profundiza en su especialización, las consideraciones estratégicas resaltan la importancia de establecer redes interempresas que aseguren la disponibilidad de los conocimientos técnicos necesarios para inventar e innovar.

La capacidad innovadora puede también intensificarse mediante la creación de *alianzas de investigación en red* (ver Suárez-Villa 2002, 1998). Tales alianzas pueden ser vitales para adquirir los recursos básicos necesarios para sostener cualquier programa relativo a invención e innovación. Por ejemplo, en biotecnología las alianzas estratégicas para

investigación se desarrollan comúnmente entre grandes empresas en sectores afines, como el farmacéutico, y empresas pequeñas, pero altamente innovadoras, de biotecnología. A menudo, las mayores empresas facilitan los recursos financieros que sus socios pequeños no tienen, mientras que éstos proveen a los más grandes de nuevos conocimientos y capacidades de investigación que no pueden afrontar por sí mismos. Cada vez más, estas alianzas se enmarcan en redes ya que los socios necesitan apoyar áreas como producción, marketing y distribución. De esta forma, las alianzas múltiples se están convirtiendo en una característica común de las alianzas de investigación en red que se están produciendo en campos como la biotecnología, diseño de *software*, industria farmacéutica, electrónica avanzada y nanotecnología.

Las redes a menudo aportan recursos para la puesta en marcha de nuevas empresas o sus invenciones. Muchas de éstas, en vanguardia de la investigación, carecen de recursos propios para subsistir o desarrollar, por sí solas, una gran capacidad innovadora, mientras que muchas veces, la única forma de poder acceder a unos recursos y equipos caros necesarios para desarrollar una capacidad innovadora, es formar parte de una red. En general, cuantos más recursos necesite una empresa de investigación, probablemente más tendrá que contar con los que otras le suministren. La creación de una empresa implica frecuentemente pequeñas ganancias y bajo crecimiento. Sin embargo, una vez alcanzado el "punto de inflexión" e iniciado un crecimiento rápido, la nueva empresa logra ese estado de desarrollo que puede dar muchos beneficios a sus socios de red. En biotecnología, por ejemplo, la creación de nuevas empresas supone a menudo la aportación del conocimiento técnico necesario para que los productos pasen las diversas y prolongadas pruebas clínicas necesarias para garantizar su aprobación. Sin esta ayuda, la mayoría de las empresas de biotecnología hoy existentes, probablemente no habrían pasado de su fase inicial.

2.2. Flexibilidad

Una importante característica de las redes es que, al incorporarse un miembro se produce una dilución de jerarquías y de obstáculos, estableciéndose además las correspondientes relaciones. Esto significa que empresas situadas en un alto nivel jerárquico tienen dificultades para impedir ciertas relaciones o control de accesos a los nuevos sectores o actividades. A menudo, de ello resulta

una mayor flexibilidad para las empresas que se incorporan, en cuanto a su capacidad de establecer relaciones de investigación que aumenten su capacidad innovadora.

Facilitar la incorporación de empresas a nuevas áreas de investigación y a sus mercados puede, por tanto, ser el resultado de una red interempresas en la que se atenúan jerarquías o posiciones dominantes. Empresas más antiguas, más grandes y mejor asentadas pueden encontrar erosionado su control sobre un determinado sector, debido a la aparición de nuevas empresas competidoras de mayor capacidad innovadora. Unas interacciones más abiertas y las propias transacciones, pueden también ayudar a expandir el tamaño de una red, incrementando así las oportunidades de iniciar y desarrollar nuevos proyectos de investigación y de seleccionar a los participantes. De esta forma, si estas relaciones conducen a nuevas invenciones e innovaciones, puede aumentarse la capacidad innovadora de las empresas implicadas.

La flexibilidad de las relaciones en red proporciona un apoyo a la capacidad innovadora que puede desembocar en acuerdos transitorios para solucionar un problema específico de investigación o propiciar colaboraciones más amplias. Un ejemplo de esto es, en primer lugar, el desarrollo de redes de "procesamiento distribuido" que implique a muchas empresas, con el objeto de disponer de una alta potencia de computación para proyectos de investigación que la requieran, como los de bioinformática y los de investigación sobre decodificación genética (ver Baldi y Brunak 2001; Waldrop 2002). En lugar de grandes gastos en superordenadores para realizar el análisis por medios propios, las empresas involucradas en tales redes aprovechan la infrautilizada capacidad de los ordenadores de la mayoría de los organismos para conectar muchos de estos ordenadores personales y conformar una red con una potencia de computación similar a la de los superordenadores. Los ejemplos de incremento de la capacidad innovadora mediante esta amplia variedad de colaboración son corrientes en biotecnología, en la que la colaboración puede aportar mucho del apoyo necesario a investigación, habiéndose contabilizado casos significativos (ver Forrest y Martín 1992; Liebeskind y otros 1996; Suárez-Villa y Walrod 2003).

Internamente, la gran flexibilidad conseguida mediante la red puede permitir a los participantes estructurar las operaciones de apoyo a su capacidad innovadora, de forma que pueden respon-

der con rapidez a condiciones cambiantes. En el diseño de *software*, por ejemplo, la colaboración abierta a través de redes ha permitido a los participantes trabajar en paralelo, creando nuevas aplicaciones que reducen el tiempo de realización de un nuevo diseño (ver Raymond 1999; Holtgrewe y Werle 2001; Moody 2001). Tal flexibilidad ha permitido a los innovadores liberarse del dominio de las mayores empresas de software, como Microsoft, aprovechando las oportunidades de investigación proporcionadas por las redes (ver, por ejemplo, Wayner 2000; Mustonen 2003).

Otro ejemplo de cómo la flexibilidad de la red interempresas puede aprovecharse para el apoyo a la capacidad innovadora lo tenemos en los sistemas industriales modulares (ver, por ejemplo, Sánchez y Mahoney 1996; Thomke y Reinertsen 1998; Schilling 2000). Su creciente importancia ha marcado un cambio de una integración vertical a otra de tipo horizontal esto es, apoyada por relaciones en red, en las que las empresas con altos niveles de capacidad innovadora tienden a la investigación. Los sistemas modulares se han hecho comunes en la industria electrónica, aunque también se han introducido en sectores tradicionales como el de fabricación de automóviles. Las redes que respaldan estos sistemas modulares permiten a algunas empresas concentrarse en la invención e innovación, subcontratando actividades de fabricación y otras. Uno de los mejores ejemplos del rápido crecimiento de compañías vinculadas a redes de sistemas modulares podemos encontrarlo en empresas como Solectron, un suministrador de servicios de ingeniería, incluyendo investigación, para la industria electrónica. En menos de doce años, Solectron creció desde una simple planta en Silicon Valley, a 50 establecimientos en tres continentes, mientras que multiplicó su personal e ingresos por 2000 y 8000, respectivamente (Sturgeon 2003). Otras empresas en el sector electrónico, como Flextronics, Sanmina/SCI y Jabil Circuit, también han experimentado un espectacular crecimiento al encontrar en la red un nicho que puede incrementar y sostener altos niveles de capacidad innovadora.

El aumento de flexibilidad por medio de redes para incrementar la capacidad innovadora puede también implicar la adquisición de empresas con altos niveles de capacidad innovadora. La empresa adquirente puede así internalizar un mayor nivel de capacidad innovadora recibiendo personal cualificado y recursos de empresas que podrían romper la línea de las nuevas tecnologías, al mismo

tiempo que reduce presiones competitivas. Esta estrategia se sigue en sectores en los que muchas pequeñas empresas, fuertemente innovadoras, pueden complementar o mantener la capacidad innovadora propia de la empresa compradora. Uno de los mejores ejemplos de esta estrategia de adquisición es la practicada por Cisco System al comprar pequeñas empresas con capacidades y patentes prometedoras antes de que crezcan demasiado o se vuelvan notables competidoras (ver, por ejemplo, Bunnell 2000).

2.3. Ventajas del efecto de escala

Las redes, según su escala, pueden generar crecientes rendimientos tanto para sí mismas como a las empresas participantes. Las ventajas y los recursos ganados en el caso de gran escala pueden usarse para incrementar y mantener un nivel innovador firme de la empresa. Pueden generarse incrementos sustanciales de los recursos de apoyo a la capacidad innovadora, cuando el aumento de escala de la red provoque una más amplia especialización para las empresas. De hecho, la especialización en un cierto tema a medida que la red se expande, puede ser una estrategia muy provechosa, según se ha mostrado en el primer ejemplo de empresas electrónicas involucradas en redes de sistemas modulares.

El valor de una red (como entidad) puede aumentar exponencialmente a medida que se expande debido al aumento de accesos o a la incorporación de nuevos miembros. En muchas redes dirigidas a investigación, cuanto mayor sea su extensión, mayor valor puede tener como depositaria de la capacidad innovadora colectiva de sus miembros. Este fenómeno, que contempla el aumento de valor con el número de accesos, es diametralmente opuesto a uno de los más fundamentales principios de economía. Ese principio, que ha llegado a ser parte virtual de todas las proposiciones y enseñanza del campo de la economía, es que el valor es el resultado de la escasez. En contraste, en muchas redes orientadas a la investigación, la abundancia de accesos (más que su escasez) produce realmente un mayor valor, tanto para la capacidad innovadora de la red como entidad como para sus miembros, empresas individuales.

El aumento de tamaño de la red repercute muchas veces en un crecimiento de las empresas implicadas. Es más, el nivel de crecimiento de la empresa es frecuentemente el resultado de relacio-

nes externas de colaboración desarrolladas mediante la red (ver Riccaboni y Pammolli 2002; Powell y otros 1999; Freeman 1991). Por tanto, la colaboración constituye un factor fundamental para el aumento de la red y es también un ingrediente muy importante para impulsar la capacidad innovadora tanto de las empresas como de la red. El aumento de la colaboración como factor de crecimiento de las redes y de sus empresas puede ser vital para la incorporación de nuevos participantes. Entonces la expansión resultante provoca una mayor especialización en muchas empresas y eventualmente a una más profunda división del trabajo dentro de la red.

Una dimensión mayor de una red puede incrementar las oportunidades de realizar fecundos cruces de ideas que pueden conducir a importantes descubrimientos por composición de la capacidad innovadora de algunos (o todos) los participantes. Esto es probablemente más relevante para investigaciones complejas, en las que deben ponerse en juego muchos recursos para tener ciertas oportunidades de conseguir nuevos descubrimientos. En biotecnología, por ejemplo, la investigación a menudo implica tareas en paralelo, en las que los investigadores de varios laboratorios de diferentes organizaciones o empresas de todo el mundo, prueban distintos enfoques y combinaciones para tratar de conseguir un nuevo descubrimiento. En tales proyectos se necesitan conocimientos técnicos complejos y especialistas de muchas disciplinas como farmacología, biología, genética, medicina, ingeniería de software y química, pertenecientes a varias empresas y de diversas procedencias culturales, étnicas y nacionales, que deben conectarse a la red para conseguir una masa crítica con suficiente capacidad innovadora. Las pruebas de homologación a menudo incrementan la complejidad de tales proyectos en los que el proceso de pruebas clínicas puede llegar a durar ocho años, requiriéndose una gran coordinación en las pruebas de evaluación para superar los obstáculos de tan largo camino. Aún así, es significativo que en la investigación biotecnológica, solo uno de cada 10.000 potenciales nuevos medicamentos probados consigue la aprobación de homologación, lo que es quizás el peor balance de éxitos para un nuevo producto en cualquier actividad económica existente (ver Suárez-Villa y Walrod 2003). En tales casos, el tamaño de la red puede marcar una diferencia sustancial, si se puede reforzar la capacidad innovadora de los participantes mediante pruebas en paralelo y conocimientos compartidos, facilitando así nuevos descubrimientos con reducción del tiempo de aprobación de la homologación.

Relacionado con el tamaño de la red, está la necesidad de contar con muchas empresas de investigación intensiva para captar aumentos de ingresos con el volumen de actividad. Puede necesitarse una gran capacidad innovadora y un alto coste para conseguir una primera muestra o prototipo de un nuevo producto, mientras que las unidades posteriores tienen un coste de fabricación muy bajo o nulo. El campo del *software* muestra muchos ejemplos de esto, como el de *Windows* que en su diseño ha consumido recursos notables con un coste de millones de dólares. Sin embargo, las copias posteriores tuvieron un coste virtualmente nulo, o al menos no más que el de fabricación de un disquete. Similarmente, el diseño del software de gestión del riesgo financiero puede demandar notables recursos y coste monetario, pero una vez que se completa puede aplicarse a un infinito número de transacciones a un coste marginal bajo o nulo. Virtualmente en todos los casos que impliquen aumentos de ingresos con el volumen, el apoyo en red de la capacidad innovadora es vital para llegar a un nuevo descubrimiento o producto. Por ello, es crucial disponer de la capacidad innovadora suficiente para adelantarse en la obtención del producto. Una vez conseguido, el efecto de escala de la red se ocupa de su comercialización y distribución.

Por último, las alianzas en red a menudo dependen en gran medida del tamaño de la propia red para generar la capacidad innovadora necesaria para que sean eficaces las relaciones interempresas. Tales alianzas implican frecuentemente una división del trabajo de las empresas implicadas, algunas altamente especializadas, mientras que otras actúan en campos más amplios (ver Suárez-Villa 2002a, 1998). Algunos grupos de empresas, por ejemplo, pueden llegar a ser importantes nodos en la red (empresas líderes) mientras otras toman la posición de proveedores o suministradores, concentrándose en ciertas actividades de investigación. Este fenómeno se ha hecho patente en la industria electrónica, en la que empresas importantes como Ericsson y Hewlett Packard han prescindido de muchas de sus operaciones sin contenido de investigación, como fabricación y distribución, para concentrarse en actividades de gran contenido investigador. Sin embargo, para mantener sus objetivos de investigación, estas empresas frecuentemente tienen que depender de un conjunto de pequeñas empresas altamente especializadas. En estos casos, la dimensión de la red puede llegar a ser muy importante para generar la capacidad innovadora necesaria para alcanzar nuevos descubrimientos en un plazo adecuado.

2.4. Descentralización

Las redes pueden también fomentar una toma de decisiones fragmentada, al dejar de tener algunas empresas el control de un sector o actividad, lo cual se traduce en una mayor autonomía para ellas que pueden decidir reforzar su capacidad innovadora. Un posible resultado es impulsar la iniciativa individual de las empresas respecto a invención e innovación, ayudar a otras, seleccionar socios para la investigación y estructurar las relaciones de colaboración para elevar la capacidad innovadora.

Uno de los efectos importantes de la descentralización inducida por la red es el reparto de riesgos y responsabilidades en los proyectos de investigación. Teniendo en cuenta que la invención es una de las actividades de mayor riesgo que pueden emprenderse, compartirlas puede ser un importante factor a tener en cuenta por muchas pequeñas empresas. Algunos de los más significativos ejemplos de cómo la descentralización inducida por una red puede conducir a una mejor gestión del riesgo la encontramos en biotecnología, que quizás presente el mayor riesgo de cualquier actividad económica existente hoy día. Como antes se ha indicado, la probabilidad de que un nuevo compuesto médico generado biotecnológicamente alcance la aprobación reglamentaria es en los Estados Unidos aproximadamente de uno a 10.000. Y esta extremadamente desfavorable proporción no tiene en cuenta si el nuevo producto será rentable en caso de comercializarse. De hecho, muchos de los productos biotecnológicos que consiguen la aprobación no llegan a tener éxito una vez comercializados, incrementando así negativamente las probabilidades de obtener buenos resultados a pesar de lograr su aprobación y comercialización.

Participar en una alianza de investigación por red en relaciones R2R (unidad de investigación a unidad de investigación) ayuda a reducir riesgos al distribuir responsabilidades entre los socios (ver Suárez-Villa 2002a). De esta forma, el fallo de un determinado esfuerzo de investigación no necesariamente tiene un efecto catastrófico en la suerte de la empresa o en la situación colectiva de las empresas de la red. La gestión del riesgo mediante la red también ofrece muchas oportunidades de aprender, especialmente por la fácil accesibilidad a nuevos conocimientos de la tecnología de la información (ver, por ejemplo, Barley y otros 1992; Forrest y Martín 1992; Powell y otros 1996; Wellman 1999; Schwartz y otros 2000). Además, las redes también posibilitan la reducción de riesgos com-

plementarios una vez que un proyecto de investigación está en marcha, al poder dar entrada a socios con conocimientos técnicos específicos que podrían no estar ya disponibles a la alianza.

Otro efecto provocado por la descentralización de la red es la posibilidad de aumentar la creatividad interempresas de forma excepcional, impulsándose así la capacidad innovadora. En algunas empresas se establecen grupos secundarios que operan fuera de las líneas de control y autoridad establecidas, llegando a ser, informalmente, subunidades de derecho propio. Frecuentemente, estos grupos generan conocimientos internos propios que se pueden conservar en la empresa, o incluso en el grupo, conduciendo a nuevas formas de pensamiento y descubrimientos. La clave para el éxito de estos grupos son las relaciones en red con otros grupos o empresas, lo que sería difícil o imposible de realizar mediante los canales convencionales de la empresa. El resultado de esta estrategia ha supuesto muchas veces avances tecnológicos y un impulso a la capacidad innovadora de la empresa.

En muchas empresas con intensa dedicación a la investigación podemos encontrar ejemplos de casos de cómo se ha impulsado la capacidad innovadora en virtud de la descentralización de la red. Así, en *Sun Microsystems*, por ejemplo, se creó el *software Java* cuando se permitió a varios investigadores establecer su propio grupo autónomo fuera del control directo de la empresa, experimentando libremente y conectándose en red con otras. Así la empresa biofarmacéutica *GlaxoSmithKline* dividió su unidad de investigación en ocho grupos o centros para desarrollar nuevos medicamentos, dejándoles libertad de competir en recursos dentro y fuera de la empresa y de hacer sus propios contactos (ver Pilling y Guerrero 2000). Como resultado, aumentó considerablemente la capacidad innovadora obteniéndose nuevas series de medicamentos basados en biotecnología que revolucionaron su sector mercantil biofarmacéutico. La larga línea de invenciones e innovaciones de microprocesadores de *Intel*, se inició en los años 1980 cuando se dio libertad a un grupo de investigadores para conectarse en red con otros fuera de la empresa, permitiéndoles salir del estrecho núcleo del negocio de producción de microprocesadores de encargo para fabricantes de calculadoras. IBM en los años 1990 estableció dentro de la compañía unos grupos experimentales "Horizonte Tres" para que de forma autónoma prosiguiesen con los descubrimientos de "informática global". El objetivo de estos grupos implica descubrir la forma de extender la potencia de computa-

ción desde los dispositivos convencionales, como ordenadores portátiles plegables y ordenadores personales, a teléfonos portátiles, mobiliario, productos de belleza, ropa y otros efectos personales. Antes, IBM había establecido un sistema de investigación modular, constituido por varios grupos autónomos que desarrollaron algunos de sus más importantes productos de ordenador.

La descentralización inducida por una red puede también implicar la creación de unidades internas como empresas independientes para impulsar la capacidad innovadora. Tales unidades así desgajadas pueden controlar proyectos de investigación específicos que se desarrollen más eficazmente fuera de la empresa matriz. Esto puede ser así porque la gestión y los recursos de las actividades a realizar pueden hacerse de forma más eficaz por las empresas independientes. Éstas también pueden tener más autonomía que la gran empresa para captar personal especializado, o establecer conexiones con otras empresas, no viables de otra forma a causa de lealtades divididas, conflictos de interés o factores competitivos. Estas empresas, al ser nuevas, pueden también abrir una vía para que los inversores en capital-riesgo lo hagan en un proyecto que nunca considerarían si estuviese desarrollado por una empresa mayor. Ejemplos de estas unidades los tenemos en la creación de *AT&T* por *Lucent Technologies* para impulsar sus capacidades innovadoras. A su vez, *Lucent* más tarde lanzó varias unidades como nuevas empresas, como *Flarion* para presentar soluciones de transmisión inalámbrica de datos, *CyberIQ* para descubrir nuevas formas de gestionar el tráfico y contenido en Internet y *SyChip* para idear nuevos diseños de microchip para dispositivos inalámbricos de Internet, dejándoles libertad de contactar en red con otras empresas de acuerdo con las necesidades de la investigación. En los años 1990 *Intel* lanzó la nueva empresa *Vivonic*, con objeto de desarrollar un nuevo software de planificación del manejo de dispositivos de comunicación portátiles, dejando también a la unidad empresarial relacionarse por red directamente con otras empresas (Buderer 2000b).

El tipo de descentralización fomentado por las conexiones en red pueden también ayudar a las empresas a reorganizar sus actividades de investigación para impulsar su capacidad innovadora. Para hacerlo, estas actividades pueden necesitar reestructurarse con objeto de conseguir una mayor integración con otros componentes de la empresa, como producción y servicio al cliente. Mediante esta integración se puede inculcar un nuevo conocimiento

que puede ayudar a producir nuevas invenciones e innovaciones y elevar la capacidad innovadora, por ejemplo, implicando a los clientes o personal de producción en los esfuerzos de investigación. Esto podría requerir allanar o invertir la línea de autoridad entre unidades de la empresa. Este cambio jerárquico interno puede establecer una organización más fluida, que acceda a otras empresas de forma más eficaz mediante la red, estableciendo relaciones de investigación externa (ver por ejemplo Ashkenas y otros 1995; Clarke y Clegg 1998).

Los cuatro aspectos tratados en esta sección no son, desde luego, los únicos mediante los cuales las conexiones en red pueden influir en la capacidad innovadora. Sin embargo, parecen ser los que están más fuertemente relacionados con la intensidad y eficacia de la investigación. En la siguiente sección se explorará como estos efectos inducidos por las redes están conformando la emergencia de una nueva forma de organización de algunas de las actividades con mayor intensidad de investigación de nuestro tiempo.

3. COLABORACIÓN, CAPACIDAD INNOVADORA EN RED Y LA EMPRESA EXPERIMENTAL

La colaboración es el parámetro más importante que impulsa el crecimiento de la capacidad innovadora mediante conexiones en red. Aquí la colaboración se refiere a las relaciones en proyectos de investigación que involucran a varias empresas, compartiendo todas el conocimiento nuevo obtenido y aportando su propia experiencia en investigación. La colaboración a través de redes incrementa la capacidad innovadora orientándola hacia la experimentación y realizando tareas de investigación de forma más eficaz. En último término, la eficacia ganada debe producir significativas mejoras cualitativas o cuantitativas en la invención o innovación superando a las que cada empresa podría alcanzar por sí misma individualmente.

El término *capacidad innovadora en red* se refiere a la que una empresa adquiere mediante relaciones de colaboración basadas en conexiones interempresas en redes de investigación. Conceptualmente, al menos, es por lo tanto necesario diferenciar entre la capacidad innovadora que podría conseguir una empresa por sí misma, y la que obtendría al ser miembro de una red de investigación. La contribución de la red a la capacidad innovadora probablemente sería consecuencia de

tener accesos más fáciles tanto a recursos tangibles como intangibles, como pueden ser personal cualificado, conocimientos técnicos y equipo de laboratorio. La capacidad innovadora inducida por la red puede también apoyarse en aspectos intangibles organizativos, como una mayor flexibilidad en estructurar actividades y relaciones internas y externas, un incremento en la escala o en la especialización que proporcione mayores beneficios y una descentralización de la toma de decisiones que promueva una mayor creatividad en la empresa y en los miembros de la red en su conjunto.

3.1. Empresas experimentales: biotecnología

El sector de la biotecnología aporta algunos de los mejores ejemplos de lo que podemos llamar *empresa experimental*. La Biotecnología es la actividad con mayor intensidad investigadora hoy en día. Quizás ningún otro sector dependa tanto de la I+D para su supervivencia. En los Estados Unidos por ejemplo, los gastos en investigación biotecnológica ascienden al 80 por 100 aproximadamente de los ingresos totales del sector (Suárez-Villa y Walrod 2003). Esta realidad presenta un profundo contraste con otros sectores. En el farmacéutico, por ejemplo, los gastos de investigación llegan solamente al 20 por 100 de los ingresos, mientras que en el aeroespacial, electrónico y defensa no son más de un 5 por 100 aproximadamente (ver, por ejemplo McKelvey 1995; Acharya 1999; Achilladelis y Antonakis 2001; Orsenigo y otros 2001). Cifras tan importantes en gastos de investigación significan que la invención e innovación son extremadamente importantes para la supervivencia de la mayoría de las empresas de biotecnología.

La conexión en red y la colaboración son muy importantes para la mayoría de las empresas del sector. A causa de la complejidad de la mayoría de las investigaciones biotecnológicas, la colaboración basada en redes se ha convertido en la característica organizativa típica de este sector. La colaboración interempresas en investigación biotecnológica es posiblemente la más amplia que jamás haya existido en cualquier actividad económica. Esto permite a la mayoría de las empresas acceder a recursos que no podrían conseguir por sí mismas. Los acuerdos de colaboración que usan amplias redes impregnan el sector biotecnológico en los Estados Unidos, propiciando relaciones que proporcionan acceso a nuevos descubrimientos, técnicos especializados, finanzas y equipamiento, sin los cuales no sobrevivirían la mayoría de las empresas.

Las empresas experimentales del sector de biotecnología y la capacidad innovadora mediante redes que las apoya dependen sustancialmente de una cultura de creatividad en investigación, que está nutrida por las relaciones interempresas. En gran medida, la cultura interna de creatividad generada en las empresas experimentales de biotecnología parece estar condicionada por sus relaciones externas y permite la toma de decisiones de forma individual o en grupo en proyectos de investigación, tanto en relaciones externas como dentro de la empresa (ver Suárez-Villa 2002b). Destacar los procesos sobre los resultados es también parte de esa cultura, a pesar de las limitaciones de recursos y alto riesgo e incertidumbre con que se enfrentan la mayoría de las empresas de biotecnología. En este entorno tan desafiante, la supervivencia de la mayoría de estas empresas depende de la convergencia constructiva de las decisiones tanto externas como internas que van a configurar la estructura del proyecto de investigación, sus participantes, si éstos concurren por simple curiosidad o por encontrarlo adecuado, y el nivel de confianza estimado.

La cultura de la creatividad en las empresas experimentales de biotecnología está también alimentada por diversas disciplinas o campos. Genética, biología, farmacología, medicina, informática y diseño de *software*, contribuyen notablemente a la investigación biotecnológica. Muchos de los conocimientos técnicos de estos campos se obtienen mediante relaciones por redes, que implican tiempo, conocimientos personales y dinámica de grupos. En general, por tanto, las empresas experimentales de biotecnología cuentan con recursos intangibles obtenidos de sus relaciones en red y de las colaboraciones en las que participan.

3.2. Colaboración y capacidad innovadora mediante redes

La colaboración entre empresas experimentales de biotecnología basada en redes puede realizarse principalmente de dos formas, pudiendo contribuir ambas a mejorar la capacidad innovadora por red de la empresa. Una de ellas implica alianzas de investigación, que pueden ser de amplio alcance o implicar sólo uno o unos pocos proyectos de investigación (ver por ejemplo Orsenigo y otros 2001; Child 1998; Gerybadze 1995; Arora y Gambardella 1994). Las alianzas de amplio alcance son a menudo a largo plazo e implican relaciones basadas en el conocimiento personal de grupos e individuos, que genera entre ellos una gran

confianza profesional. Las alianzas basadas en proyectos tienden a ser más limitadas en alcance y duración y a menudo están dirigidas a un proyecto específico y sus actividades. En general las alianzas de amplio alcance pueden preferirse para proyectos completos que requieren mucho tiempo, diversidad de conocimientos y de recursos procedentes de numerosos participantes.

Las alianzas en investigación están últimamente mejorando la capacidad innovadora a través de red, elevando la producción y calidad de las invenciones e innovaciones. Es típico que tales alianzas impliquen establecer relaciones de larga duración entre empresas. Con estas relaciones, una empresa puede adquirir nuevos conocimientos y destreza técnica que no podría obtener por sí misma. En segundo lugar, las relaciones interempresas desarrolladas mediante alianzas pueden facilitar el acceso a material de investigación de laboratorios, instalaciones y materias primas (tales como pruebas de muestras y organismos) necesarios para emprender proyectos de investigación y que una empresa no podría permitirse por sus propios medios. Tercero, tales relaciones pueden permitir la participación en proyectos de investigación que una empresa no puede acometer por sí misma y conducirlo eventualmente a productos rentables. Cuarto, las relaciones interempresa mediante alianzas pueden ahorrar recursos internos (humanos, financieros, de equipamiento, de espacio o de instalaciones), de forma que éstos pueden reapplicarse en reforzar las capacidades internas de investigación.

Los acuerdos de externalización son el segundo modo de colaboración mediante redes. Implican actividades de investigación contratadas con otras empresas (ver por ejemplo, Bragg 1998; Domberger; 1998; Grabher 1993). Esta subcontratación puede realizarse en dos sentidos: contratar trabajos de investigación a otras empresas, o tomar trabajo de (ser contratado por) otras empresas. Una tercera posibilidad es hacer ambas cosas: subcontratar externamente y tomar trabajo a la vez. Esto último es una práctica bastante común entre empresas que son proclives a mantener relaciones con otras empresas en las que son importantes la reciprocidad de actividades (ver Suárez-Villa y Walrod 2003; Suárez-Villa y Karlsson 1996; Suárez-Villa y Fisher 1995).

Los acuerdos de externalización se diferencian de las alianzas de investigación en el tipo de compromisos adquiridos, que tienden a ser más de con-

tratación y menos de simple relación (pero realmente puede incluir ambos). Los acuerdos de externalización también tienden a ser de tiempo más limitado, usualmente a corto plazo. Estos acuerdos tienden a establecer vínculos o relaciones de menor alcance que las alianzas y están habitualmente limitados a actividades o tareas específicas de investigación. Por ejemplo, un acuerdo externo de investigación puede implicar solamente un protocolo de pruebas clínicas requeridas para pasar una invención de la Fase I a la Fase II en la prueba de homologación. O también, la externalización podría incluir sólo la decodificación de la información genética de un organismo específico por la empresa subcontratada, sin que tras esta tarea quede vínculo o relación alguna.

Los acuerdos de externalización conducen eventualmente al aumento de la producción o calidad de las invenciones e innovaciones, mejorando así la capacidad innovadora de la empresa. Sin embargo, es de esperar que tengan un impacto mucho más limitado que las alianzas. Estos acuerdos de externalización mejoran muchas veces la capacidad innovadora de la empresa al disponerse en la investigación del valor añadido de un subcontratista (conocimientos técnicos, instalaciones o equipos), no disponible en la propia empresa, o que se obtiene a un coste inferior. Un segundo aspecto por el que la externalización contribuye a elevar la capacidad innovadora, es el ahorro de recursos internos de la empresa, que se pueden reinvertir o aplicar a otras actividades internas. Esto puede conducir a una mayor intensidad investigadora y conformar un plan estratégico de investigación.

Las alianzas y las relaciones de externalización frecuentemente conllevan relaciones claramente complementarias entre pequeñas empresas con características fuertemente innovadoras, empresas de biotecnología, y las mayores de otros sectores, como el farmacéutico, químico o agrícola. En la mayoría de los casos, las empresas grandes proveen de recursos que necesitan urgentemente sus socios más pequeños de biotecnología. Las empresas biotecnológicas, a su vez suministran a sus socios mayor capacidad de investigación y conocimientos avanzados, descubrimientos o patentes, lo que puede eventualmente desembocar en nuevos productos. Las relaciones de alianzas y de externalización pueden también realizarse entre empresas biotecnológicas, y más comúnmente entre empresas especializadas en diferentes aspectos de investigación, para abordar ciertas actividades o tareas con mayor eficacia.

3.3. Factores que promueven la colaboración en red en las empresas experimentales

Los factores más importantes que promueven la colaboración en red en las empresas experimentales de biotecnología son muy diversos. Puesto que estos factores condicionan la colaboración también son determinantes de la capacidad innovadora en red. El primer factor que fomenta la colaboración es la alta y creciente complejidad de la investigación en biotecnología, complejidad que se desarrolla en varios niveles. Uno implica el conocimiento complejo y las tareas específicas de la investigación. Esto es parte de un proceso de cambio a largo plazo que resulta obvio; por ejemplo, la evolución de la biología celular para engendrar el nuevo campo de la genómica, y como este último, a su vez, fue la base a partir de la cual emergen las nuevas áreas de proteómica y fisiómica (ver Acharya 1999; Ernst y Young 2000; Suárez-Villa y Walrod 2003). Un segundo nivel que incrementa la complejidad incorpora vínculos entre la investigación biotecnológica y otras disciplinas, como la conexión entre tecnología de la información y la genética (que está en el núcleo del nuevo campo de la bioinformática). El tercer nivel de la creciente complejidad implica el *hardware*, o el más sofisticado y costoso equipo de laboratorio (y en algunos casos de superconductores) necesario para acometer la investigación biotecnológica comercial.

El incremento de la complejidad en todos estos niveles hace muy difícil que las empresas biotecnológicas sean autosuficientes para emprender la investigación por sus propios medios. Esta situación contrasta con el caso de otras industrias de alta tecnología, como la electrónica, en la que muchas invenciones e innovaciones fueron desarrolladas virtualmente en aislamiento, o en actuaciones autónomas triviales. En la biotecnología, más que en cualquier otra actividad económica, nunca existió la época del inventor aislado o del grupo autónomo consiguiendo un descubrimiento o una innovación significativa. Desde un principio, el sector de la biotecnología se ha apoyado en una sustancial colaboración externa en lo que se refiere a cualquier invención o innovación notable.

El segundo factor que fomenta la colaboración en empresas experimentales de biotecnología es el altísimo riesgo e incertidumbre que impregna este sector. La investigación en biotecnología es la actividad económica más arriesgada existente hoy en día. Para la mayoría de los nuevos descubrimientos es muy difícil predecir la viabilidad comercial, a

causa de los efectos imprevistos y complejos que tienen muchos compuestos biotecnológicos y las muy prolongadas e impredecibles pruebas de homologación. Estas pruebas introducen por sí mismas un alto riesgo que no se encuentra en ninguna otra industria tecnológica. En los Estados Unidos, un nuevo descubrimiento puede necesitar de seis a diez años para recibir la aprobación de la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA, organismo encargado de certificar la seguridad y eficacia de cualquier producto biotecnológico potencial). Los procedimientos de prueba empleados por la FDA comprenden varias etapas que actúan como filtros, eliminando un número muy alto de potenciales nuevos productos en el paso de una etapa a la siguiente. A título de ejemplo se da una estimación de que solo uno de cada 10.000 componentes presentados superan el proceso de pruebas de homologación consiguiendo ser comercializado (Suárez-Villa y Walrod 2003). Esta extremadamente alta tasa de rechazo fuerza virtualmente a muchas empresas biotecnológicas a convertirse en "fábricas" de invención e innovación, llegando a ser la capacidad innovadora mediante redes una necesidad fundamental.

El tercer factor importante que induce a la colaboración mediante redes en la investigación biotecnológica es la necesidad de convergencia de diversas disciplinas y conocimientos técnicos. En biotecnología debe abordarse una combinación muy diversa de disciplinas y conocimientos técnicos para conseguir con cierta seguridad algún descubrimiento. Estas necesidades multidisciplinarias son un importante acicate para abordar una colaboración interempresa desarrollada en red. En la mayoría de los proyectos de investigación biotecnológica ha sido normal agrupar progresivamente especialistas de los campos de biología, farmacología, genética, medicina, diseño de *software*, informática y química. Esta combinación de especialistas y campos puede producir eventualmente nuevas disciplinas. El nuevo campo de bioinformática, por ejemplo, combina el conocimiento del diseño de *software*, con la biología, informática y medicina y ha sido esencial para la investigación en genética, proteómica y fisiómica. Otro ejemplo está en la nueva industria química basada en la biotecnología, que reemplaza a la industria tradicional de procesos químicos, y así encima creadas por medio de la biotecnología han sustituido a sustancias químicas altamente nocivas que se usaron durante largo tiempo en muchas actividades de la industria pesada. La creación de estas nuevas encimas ha requerido la convergencia de conocimientos de bio-

logía, ingeniería química, genética, simulación en ordenador y ciencias medioambientales. Esta difícil convergencia de campos, tan típica de la investigación biotecnológica, proporciona un incentivo básico para la colaboración.

El coste tan alto de la investigación es el cuarto factor que promueve la colaboración en biotecnología. Los costes de investigación y desarrollo en biotecnología se encuentran entre los más altos de cualquier sector tecnológico existente. Además, con frecuencia los costes de investigación no se recuperan con los nuevos productos. Solamente un tercio aproximadamente de todos los productos nuevos de biotecnología que se comercializan tienden a recuperar los costes de investigación y desarrollo. Sin embargo, otros muchos gestionados para cubrir costes no resultan rentables en última instancia (ver Suárez-Villa y Walrod 2003). Así, el incremento de la capacidad innovadora de la mayoría de las empresas de biotecnología depende en gran medida de las relaciones externas que permitan dividir los costes de investigación entre las empresas asociadas a través de red.

El impacto de los altos costes de investigación puede explicar porqué un sector como la biotecnología nunca ha proporcionado beneficios en los Estados Unidos (Ernst y Young 2000). Es típico que las pérdidas netas anuales soportadas por el sector biotecnológico en los EE.UU. hayan alcanzado aproximadamente de un tercio a dos tercios de todos los gastos de investigación y desarrollo durante la mayor parte de los años 1990. Solamente unas cuantas compañías tienden a ser rentables y son las mayores y mejor asentadas. Muchas de las pequeñas y medianas empresas apenas si terminan cubriendo los gastos de investigación. Su mayor ilusión para alcanzar la rentabilidad es asociarse con empresas que puedan compartir costes o dar financiación.

A estas dificultades hay que añadir la separación, en los Estados Unidos, de la biotecnología comercial y la investigación académica. Inicialmente, la biotecnología estuvo fuertemente unida a la investigación académica y así las universidades más notables han sido los más importantes entes impulsores de la biotecnología comercial de los años 1980 (ver por ejemplo Kenney 1986). De esta forma los costes fueron soportados en una gran parte por las instituciones. Sin embargo los objetivos muy diferentes de la investigación académica y la comercial han hecho que muchas empresas se apartasen de este tipo de colaboración, buscando acuerdos de

cooperación con otras compañías. Una razón importante para esta separación de la universidad, que continúa, es que la alta presión competitiva sufrida por muchas empresas de biotecnología provoca la apropiación inmediata y el patentado de cualquier nuevo descubrimiento, lo que está en profunda contradicción con los objetivos de difusión abierta de la investigación académica. En el escaso número de casos en los que las empresas mantienen conexiones con la universidad, su objetivo primordial parece ser reclutar personal universitario para realizar la investigación comercial.

Los recursos financieros muy limitados de que disponen la mayoría de las empresas de biotecnología para investigación, es el quinto factor que propicia la colaboración en investigación. Las empresas biotecnológicas "comen" capital con mucha rapidez, principalmente a causa de los largos plazos que requieren las pruebas para conseguir la aprobación reglamentaria y afrontar los altos costes de la investigación. A lo largo de los años 1990, por ejemplo un tercio de las empresas biotecnológicas en los Estados Unidos podrían sobrevivir menos de 12 meses con el capital líquido disponible (Ernst y Young 2000). De medio a dos tercios de las empresas tendrían una supervivencia inferior a 24 meses de acuerdo con los recursos de capital aportados. Esta situación no es atractiva para inversores en capital-riesgo, que habitualmente buscan riesgos más bajos y períodos más cortos de realización de sus inversiones. Por ello, no es sorprendente que en 1999 la proporción de capital riesgo invertido en biotecnología en los EE.UU. fuese menos de la mitad del 1 por 100 del total de la capitalización bursátil del sector. Esta proporción es muy baja, particularmente en un año en que se batieron records en las inversiones de capital bursátil en la mayoría de las actividades de alta tecnología. A pesar de esta situación calamitosa, es sorprendente que desde el comienzo de los años 1980, no más del 10 por 100 de las empresas de biotecnología hayan quebrado. La explicación más plausible que puede darse para esta supervivencia empresarial es el muy importante papel jugado por la colaboración en red y su efecto en el aumento de la capacidad innovadora de las empresas.

3.4. Evidencia empírica de la colaboración

Es escasa la evidencia empírica de que se dispone sobre la colaboración en biotecnología y su efecto sobre la invención e innovación de las empresas. La obtención de datos de investigación

de organismos y empresas es extremadamente difícil en el sector de la biotecnología pues, dada la importancia que tienen para su supervivencia, las empresas clasifican de altamente confidenciales sus actividades en investigación. Además de este aspecto, al tener los trabajos de investigación de muchas empresas también repercusiones en la salud y en la seguridad, se crea sobre la mayor parte de ellas una gran reserva que dificulta la entrega de información, así como en las relaciones con otras empresas y datos económicos internos. Sin embargo, a pesar de estos obstáculos puede darse alguna evidencia empírica sobre el efecto que la colaboración en red tiene en la capacidad innovadora de una empresa.

En Suárez-Villa y Walrod (2003) pueden encontrarse los detalles de la evidencia empírica que se tratará más abajo. Se realizaron estudios en organizaciones de biotecnología de los EE.UU., basados en el conjunto de Dun and Bradstreet Information Services (un total de 808 establecimientos) clasificados en tres categorías SIC (Clasificación Industrial Standard) de cuatro dígitos que adapta la definición más comúnmente aceptada de biotecnología y usada por los analistas de las asociaciones mercantiles e industriales (SIC 2835: diagnóstico de sustancias *in vitro* o *in vivo*, 2836: Productos Biológicos, 8731: Investigación Biológica Comercial). Se realizaron más de 300 pruebas estadísticas de la base de datos para determinar el impacto de la colaboración en la intensidad de la investigación, implicando varias series de datos económicos. Se utilizaron grupos de control para evaluar las diferencias entre la colaboración mediante alianzas y los distintos modos de externalización, y su impacto en la intensidad de la investigación y en la innovación.

La evidencia empírica mostró que las alianzas, típicamente estructuradas en acuerdos que contemplan enlaces por red, son el medio más importante de colaboración en biotecnología. Dos tercios de los establecimientos de biotecnología se involucraron en alianzas con otros organismos o empresas. Virtualmente todas las alianzas han sido de relación, generando una gran confianza y familiaridad entre los socios. Utilizando varias medidas que puedan proporcionar alguna indicación de la capacidad innovadora de un establecimiento, como patentes concedidas en años anteriores, número de productos nuevos que se encuentran en la fase de descubrimiento en pruebas preclínicas, gastos de investigación y activos, mostraron que la colaboración mediante alianzas con otras empresas u

organismos daba el indicador más fuerte de capacidad innovadora. Aquellas entidades que no se involucraron en alianzas dieron valoraciones mucho más bajas de capacidad innovadora que los que lo hicieron.

Los análisis de los acuerdos de externalización, que generalmente también se estructuran en redes, se referían a los establecimientos que se contrataron principalmente para realizar tareas de investigación para otros tanto como a aquellos que realizaron acuerdos externos con otros, y a aquellos en los que concurren ambas situaciones. En la mayoría de estos acuerdos de externalización se encontraron también relaciones de alcance y calidad. Si a los establecimientos con este tipo de acuerdos se les compara con los que no los utilizaron, se observa que los primeros alcanzaron holgadamente unos niveles más altos de capacidad innovadora. Mientras los involucrados en alianzas consiguieron una influencia positiva mucho más fuerte en su capacidad innovadora.

Los establecimientos que no se implicaron en acuerdos de colaboración, sea por alianzas o por relaciones de externalización, estaban en la peor de las situaciones posibles. En general, la medida de su capacidad innovadora fue mucho más baja que los involucrados en alianzas o en acuerdos de externalización. Su intensidad investigadora fue también sustancialmente menor que la encontrada en los otros establecimientos. También y en relación con sus perspectivas de supervivencia se observó que sus niveles de activos y de recursos financieros fueron significativamente más bajos que los de los establecimientos comprometidos en colaboraciones tipo alianzas o externalizaciones, con conexión en red.

4. IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO REGIONAL Y LAS POLÍTICAS REGIONALES

El aumento de las empresas experimentales, su inexorable persecución de la capacidad innovadora y las redes que utilizan, tienen importantes implicaciones en el desarrollo regional y su política. Desde sus inicios, el campo del desarrollo regional (y su alcance político) ha concentrado su atención, bien en fenómenos de macro-nivel, tales como flujos comerciales, renta, empleo e inversión, o de nivel micro, relativos a empresas individuales (aisladas) y a los factores que afectan a su localización. Una visión teórica de conjunto unida a herramientas

metodológicas han desarrollado un aparato analítico que invariablemente apunta a aspectos de nivel macro o micro, que a menudo reflejan visiones similares en el campo más amplio de la economía, pero añadiendo una perspectiva espacial.

Hay que tener en cuenta que la empresa experimental y su contexto operativo pueden, sin embargo, requerir una desviación radical de las teorías y métodos del desarrollo tradicional regional. La invención e innovación, como unas de las más arriesgadas e inciertas actividades económicas que pueden emprenderse, desafían el tratamiento estándar dado por la corriente dominante de la teoría económica y su rama regional, en la que la plena certidumbre, la previsión perfecta, el conocimiento completo y un fuerte énfasis sobre la maximización perfecta son principios dominantes. Cuando no se adoptan (explícita o implícitamente) estos principios, los modelos básicos y las teorías tienden a desmoronarse. Debería considerarse prioritario el desarrollo de nuevos enfoques en los que se consideren los altos riesgos e incertidumbres de la invención e innovación, si queremos aproximar los conceptos y métodos del desarrollo regional a la realidad de la empresa experimental.

Las redes que apoyan a la empresa experimental desafían también al que es quizás el más importante y antiguo principio de la teoría económica estándar, que supone que la escasez aumenta el valor. En contradicción con esta teoría económica, el valor de la red crece con el incremento del número de accesos, o de miembros participantes. Los factores cualitativos juegan también un papel importante, cuando las transacciones o interacciones de relación puedan tener un efecto mayor sobre el valor que los nexos puramente contractuales. La teoría y métodos del desarrollo regional quedan limitados notablemente al no ser capaces de responder a la dinámica de las redes y a los aspectos cualitativos de las relaciones que tienen lugar en ellas. En relación con esto, nuestro conocimiento actual no es adecuado, en gran parte por no tener una relación completa de las redes con las que las empresas experimentales progresan ni de las relaciones entre ellas.

La obvia (y precaria) coexistencia de la colaboración y la competencia en las empresas experimentales es otro aspecto que hay que tener en cuenta en la teoría y política del desarrollo regional. Al contrario de otro importante principio de la teoría económica estándar, que supone que la competencia perfecta proporciona el mayor beneficio a los

usuarios finales o consumidores, la colaboración puede dar el mayor beneficio (por encima de la competencia) cuando constituye el único medio por el cual pueden establecerse y comercializarse las nuevas invenciones o innovaciones. En biotecnología, por ejemplo, estas invenciones pueden salvar numerosas vidas, o al menos pueden introducir importantes mejoras en la eficacia del producto, lo que nunca ocurriría si se forzase la competencia en empresas en las que la colaboración es la clave para la supervivencia y el descubrimiento tecnológico.

Buscando ser eficaces, las políticas regionales dirigidas a actividades y sectores innovadores deben disponer de una plataforma de apoyo a la capacidad innovadora de las empresas experimentales y a las redes de las que dependan. Un programa de incentivos debe basarse necesariamente en indicadores de diagnóstico que midan la invención e innovación local y regional, en empresas, redes y sectores. Tal indicador puede estar referido a la capacidad innovadora, basada en medidas de la invención e innovación a escala de red y de empresa, que indicaría la evolución en el tiempo de los sectores y de las empresas. También pueden desarrollarse medidas de capacidad interregional y nacional, para asimismo tener en cuenta los cambios en el tiempo y en el espacio (ver Suárez-Villa 1990, 1993, 2001a 2002c y el sitio web www.innovativecapacity.com). Este tipo de indicador puede compilarse y seguirse con regularidad, dando datos actualizados de ingresos, empleo o inversión, y podrían convertirse en un componente estándar de estadísticas económicas y comerciales (ver página de la Real World Applications en www.innovativecapacity.com).

Las políticas regionales deben también tener en cuenta la importancia de las redes para actividades innovadoras y para la empresa experimental. Los incentivos políticos deben construirse sobre una base sólida de información. Son esenciales las medidas cualitativas de diversos aspectos de las redes. Por ejemplo, un indicador de la intensidad de la red podría dar información sobre el grado en el que las empresas de cualquier región o lugar dependen de las relaciones en red para la investigación, invención e innovación. De igual forma, el seguimiento de las interacciones tangibles e intangibles que tienen lugar en las redes, y su alcance en términos de carácter relacional o contractual puede facilitar una perspectiva interesante de la trascendencia de las transacciones apoyadas en la red. Lo mismo que con el indicador previamente mencionado de la capacidad innovadora, tal

información de diagnóstico podría convertirse en un componente estándar de las estadísticas comerciales y económicas recopiladas regularmente.

Debería también considerarse la compilación de datos en red sobre la capacidad innovadora, o lo conseguido principalmente gracias a los efectos de la red (y que las empresas individualmente no obtendrían por sus propios medios o sin las redes). Esta valoración podría refinar de forma complementaria el indicador de la capacidad innovadora anteriormente mencionado, incorporando información adicional sobre el valor de las redes para el desarrollo regional y local. Una medida de la capacidad innovadora a través de redes podría estar entonces relacionada con estadísticas económicas y sociales, como empleo, ingresos e inversión, que son vitales para evaluar la salud económica de regiones y comarcas tecnológicas.

Por último, merece la pena prestar atención a la relación entre áreas tecnológicas y empresas experimentales pues estamos haciendo esfuerzos para desarrollar nuestros conocimientos actuales sobre el desarrollo regional. En algunos casos, estas áreas pueden llegar a ser extensiones de las redes de empresas experimentales que las abarcan. En tales situaciones podemos reconocer mercados de trabajo relativos a investigación e innovación que son significativamente diferentes de los postulados por el concepto tradicional de la oferta y la demanda. Las relaciones de trabajo pueden, por ejemplo, ser atípicas de forma que el personal de investigación cualificado no pertenece a ninguna empresa en concreto (como actualmente ocurre) sino a redes de empresas y a las áreas tecnológicas anfitrionas. Estas áreas, como prolongación de las redes de empresas experimentales, podrían convertirse en redes de empleo fluido para actividades de investigación, en las que las alianzas temporales entre individuos y empresas se realizasen de la misma forma que se hace entre empresas experimentales.

NOTAS

(*) Catedrático en innovación tecnológica y desarrollo económico de la Universidad de California.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHARYA, R. (1999): *The Emergence and Growth of Biotechnology*. Cheltenham, UK, Edward Elgar.
- ACHILLADELIS, B. y ANTONAKIS, N. (2001): "The dynamics of technological innovation: The case of the pharmaceutical industry", *Research Policy*, 30, págs. 535-588.
- ARORA, A. y GAMBARDELLA, A. (1994): "Evaluating technological information and utilizing it: Scientific knowledge, technological capability, and external linkages in biotechnology", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 24, págs. 91-114.
- ASHKENAS, R.; ULRICH, D.; JICK, T. y KERR, S. (1995): *The Boundaryless Organization*, San Francisco, Jossey-Bass.
- BALDI, P. y BRUNAK, S. (2001): *Bioinformatics*, Cambridge, MA, MIT Press.
- BARLEY, S. R.; FREEMAN, J. y HYBELS, R. C. (1992): "Strategic alliances in commercial biotechnology", en NOHRIA, N. y ECCLES, R. G. (eds.), *Networks and Organizations*, Boston, Harvard Business School Press.
- BRAGG, S. M. (1998): *Outsourcing*, New York, Wiley.
- BUNNELL, D. (2000): *Making the Cisco Connection: The Story Behind the Real Internet Superpower*, New York, Wiley.
- CHILD, J. (1998): *Strategies of Cooperation: Managing Alliances, Networks and Joint Ventures*, Oxford, Oxford University Press.
- CLARK, J. y EDWARDS, O. (1999): *Netscape Time: The Making of the Billion-Dollar Start-Up that Took on Microsoft*, New York, St. Martin's.
- CLARKE, T. y CLEGG, S. (1998): *Changing Paradigms: The Transformation of Management Knowledge for the 21st Century*, London, Harper Collins.
- DOMBERGER, S. (1998): *The Contracting Organization: A Strategic Guide to Outsourcing*, Oxford, Oxford University Press.
- ERNST y YOUNG, L. L. P. (2000): *Convergence: The Biotechnology Industry Report*, Palo Alto CA, Ernst y Young, LLP.
- FORREST, J. E. y MARTIN, M. J. C. (1992): "Strategic alliances between large and small research intensive organizations: Experiences in the biotechnology industry", *R & D Management*, 22, págs. 41-53.
- FREEMAN, C. (1991): "Networks of innovators: A synthesis of research", *Research Policy*, 20, págs. 499-514.
- GERYBADZE, A. (1995): *Strategic Alliances and Process Redesign: Effective Management and Restructuring of Cooperative Projects and Networks*, Berlin, de Gruyter.
- GRABHER, G. (ed.) (1993): *The Embedded Firm: On the Socioeconomics of Industrial Networks*, London, Routledge.
- HOLTGREWE, U. y WERLE, R. (2001): "De-commodifying software? Open Source Software between business strategy and social movement", *Science Studies*, 14, págs. 43-65.
- KENNEY, M. (1986): *Biotechnology: The University-Industrial Complex*, New Haven, Yale University Press.
- LIEBESKIND, J.; OLIVER, A.; ZUCKER, L. y BREWER, M. (1996): "Social networks, learning and flexibility: Sourcing scientific knowledge in new biotechnology firms", *Organization Science*, 3, págs. 783-831.
- MCKELVEY, M. (1995): *Evolutionary Innovation: The Business of Biotechnology*, Oxford, Oxford University Press.
- MENZEL, P. y D'ALUISIO, F. (2000): *Robo Sapiens: Evolution of a New Species*, Cambridge, MA, MIT Press.
- MOODY, G. (2001): *Rebel Code: The Inside Story of Linux and the Open Source Revolution*, Cambridge, MA, Perseus.
- MUSTONEN, M. (2003): "Copyleft: The economics of Linux and other Open Source software", *Information Economics and Policy*, 15, págs. 99-121.

- ORSENIKO, L.; PAMMOLLI, F. y RICCABONI, M. (2001): "Technological change and network dynamics: Lessons from the pharmaceutical industry", *Research Policy*, 30, págs. 485-508.
- PILLING, D. y GUERRERA, F. (2000): "Drug giant plans radical research move", *Financial Times*, noviembre, 11, pág. 16.
- POWELL, W. W.; DOPUT, K. W. y SMITH-DOERR, L. (1996): "Inter-organizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology", *Administrative Science Quarterly*, 41, págs. 116-145.
- POWELL, W. W.; DOPUT, K. W.; SMITH-DOERR, L. y OWEN-SMITH, J. (1999): "Network position and firm performance: Organizational returns to collaboration in the biotechnology industry", en ANDREWS, S. y KNOCKE, D. (eds.), *Research in the Sociology of Organizations*, Greenwich, Ct: JAI Press, págs. 129-159.
- RAYMOND, E. S. (1999): *The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary*, Cambridge, MA: O'Reilly.
- RICCABONI, M. y PAMMOLLI, F. (2002): "On firm growth in networks", *Research Policy*, 31, págs. 1405-1416.
- ROBBINS-ROTH, C. (2000): *From Alchemy to IPO: The Business of Biotechnology*, Cambridge, MA: Perseus.
- SÁNCHEZ, R. R. y MAHONEY, J. T. (1996): "Modularity, flexibility and knowledge management in product and organization design", *Strategic Management Journal*, 17, págs. 63-76.
- SCHILLING, M. (2000): "Towards a general modular systems theory and its application to inter-firm product modularity", *Academy of Management Review*, 25, págs. 312-334.
- SCHWARTZ, D.; DIVITINI, M. y BRASETHVIK, T. (2000): "Knowledge management in the Internet age", en SCHWARTZ, D.; DIVITINI, M. y BRASETHVIK, T. (eds.), *Internet-based Knowledge Management and Organizational Memory*, London, Idea Group Publishing.
- STURGEON, T. J. (2003): "What really goes on in Silicon Valley? Spatial clustering and dispersal in modular production networks", *Journal of Economic Geography*, 3, págs. 199-225.
- SUÁREZ-VILLA, L. (1990): "Invention, incentive learning and innovative capacity", *Behavioral Science*, 35, págs. 290-310.
- (1993): "The dynamics of regional invention and innovation: Innovative capacity and regional change in the twentieth century", *Geographical Analysis*, 25, págs. 147-164.
- (1996): "Innovative capacity, infrastructure and regional policy", en BATTEN, D.F. y KARLSSON, C. (eds.), *Infrastructure and the Complexity of Economic Development*, Berlín: Springer-Verlag, págs. 251-269.
- (1997): "Innovative capacity, infrastructure and regional inversion: Is there a long-term dynamic?", en BERTUGLIA, C. S.; LOMBARDO, S. y NIJKAMP, P. (eds.), *Innovative Behaviour in Space and Time*, Berlín: Springer-Verlag, págs. 291-305.
- (1998): "The structures of cooperation: Downscaling, outsourcing and the networked alliance", *Small Business Economics*, 10, págs. 5-16.
- (2000): *Invention and the Rise of Technocapitalism*, Lanham MD, New York y Oxford, Rowman y Littlefield.
- (2001a): "Inventive knowledge and the sources of new technology: Regional changes in innovative capacity in the United States", en FISCHER, M. M. y FRÖHLICH (eds.), *Knowledge, Complexity and Innovation Systems*, Berlín: Springer-Verlag, págs. 165-180.
- (2001b): "The rise of technocapitalism", *Science Studies*, 14, págs. 4-20.
- (2002a): "Networked alliances and innovation", en Acs, Z. J. de GROOT, H. L. F. y NIJKAMP, P. (eds.), *The Emergence of the Knowledge Economy: A Regional Perspective*, Berlín y New York: Springer-Verlag, págs. 65-80.
- (2002b): "Technocapitalism and the new ecology of entrepreneurship", Documento de trabajo presentado en el "International Workshop on Entrepreneurship in the Modern Space Economy: Evolutionary and Policy Perspectives", Tinbergen Institute, Amsterdam, Junio.
- (2002c): "Policies or market incentives? Major changes in the geographical sources of technology in the United States, 1945-1995", en JOHANSSON, B.; KARLSSON, C. y STOUGH, R. (eds.), *Regional Policies and Comparative Advantage*, Cheltenham, UK: Edward Elgar, págs. 127-150.
- SUÁREZ-VILLA, L. y FISCHER, M. M. (1995): "Technology, organization and export-driven research and development in Austria's electronics industry", *Regional Studies*, 29, págs. 19-42.
- SUÁREZ-VILLA, L. y HASNATH, S.A. (1993): "The effect of infrastructure on invention: Innovative capacity and the dynamics of public construction investment", *Technological Forecasting and Social Change*, 44, págs. 333-358.
- SUÁREZ-VILLA, L. y KARLSSON, C. (1996): "The development of Sweden's R&D-intensive electronics industries: Exports, outsourcing and territorial distribution", *Environment and Planning A*, 28, págs. 783-818.
- SUÁREZ-VILLA, L. y RAMA, R. (1996): "Outsourcing, R&D and the pattern of intra-metropolitan location: The electronics industries of Madrid", *Urban Studies*, 33, págs. 1155-1197.
- SUÁREZ-VILLA, L. y WALROD, W. (1997): "Operational strategy, R&D and intra-metropolitan clustering in a polycentric structure: The advanced electronics industries of the Los Angeles Basin", *Urban Studies*, 34, págs. 1343-1380.
- SUÁREZ-VILLA, L. y WALROD, W. (2003): "The collaborative economy of biotechnology: Alliances, outsourcing and R&D", *International Journal of Biotechnology*, 5, págs. 402-438.
- TAUBES, G. (2000): "Biologists and engineers create a new generation of robots that imitate life", *Science*, 288, abril, 7, págs. 80-83.
- THOMKE, S. y REINERTSEN, D. (1998): "Agile product development: Managing development flexibility in uncertain environments", *California Management Review*, 41, págs. 8-30.
- TSANG, C. D. (2000): *Microsoft First Generation: The Success Secrets of the Visionaries Who Launched a Technology Empire*, New York, Wiley.
- WALDROP, M. M. (2002): "Grid Computing", *Technology Review*, mayo, págs. 31-37.
- WAYNER, P. (2000): *Free for All: How Linux and the Free Software Movement Undercut the High-Tech Titans*, New York: Harper Business.
- WEBB, B. y CONSI, T. R. (eds.) (2001): *Biorobotics*, Cambridge, MA: MIT Press.
- WELLMAN, B. (1999): *Networks in the Global Village*, Boulder, CO: Westview Press.
- www.innovativecapacity.com website (incluyendo nueve secciones).