

# **Tomando la cooperación en serio: interacciones en innovación y desarrollo en el Sistema Nacional de Innovaciones de Alemania**

*Andreas Stamm\**

En los últimos años, las redes de cooperación entre diferentes actores de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y su expresión territorial (*clusters*, distritos industriales) se han convertido en uno de los focos de investigación sobre la innovación tecnológica. El enfoque sistémico de las redes permite dejar atrás explicaciones monocasuales y lineales de la Innovación que ya no son adecuadas para comprender la complejidad creciente del progreso tecnológico. Por otro lado, es poca la investigación empírica que puede arrojar luz sobre la importancia real y el papel exacto que juegan las redes de interacción dentro de un SNI. El presente artículo, a partir del caso de Alemania, aporta evidencias que indican que son tres los elementos claves que explican la posición todavía favorable de Alemania en la competencia innovadora global: una fuerte base de empresas innovadoras, una capacitación técnica diferenciada de alto nivel, así como una investigación aplicada, ajustada a las necesidades del sector privado. Estos tres elementos a lo largo de muchas décadas han llegado a formar el núcleo del sistema industrial alemán. La cooperación en investigación y desarrollo en el sentido estricto, entendida como el conjunto de interacciones entre empresas y entre empresas e instituciones, lejos de ser un fenómeno generalizado, mantiene una función complementaria a los propios esfuerzos innovadores de las empresas y constituye sólo una entre las varias opciones que tienen éstas, para abastecerse de conocimiento tecnológico externo.

*Palabras clave:* Sistemas Nacional de Innovación Alemán; innovación tecnológica; cooperación; empresas innovadoras.

## **1. Introducción**

En los últimos años, las redes de cooperación entre diferentes actores de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y su expresión territorial (*clusters*, distritos industriales) se han convertido en uno de los focos de investigación sobre la innovación tecnológica. El enfoque sistémico de las redes permite dejar atrás explicaciones monocasuales y lineales de la innovación que ya no son adecuadas para comprender la complejidad creciente del progreso tecnológico. Por otro lado, es poca la investigación empírica que puede arrojar luz sobre la importancia real y el papel exacto

\* Instituto Alemán de Desarrollo, Berlín.

que juegan las redes de interacción dentro de un SNI. Sigue siendo muy difícil identificar los elementos y las relaciones clave que explican la dinámica innovadora. Para que el concepto de red sea realmente útil como herramienta de política tecnológica, la misma tendría que ayudar en la toma de decisiones para la asignación óptima de recursos escasos con el fin de fomentar el progreso tecnológico. Para lograr este objetivo es necesaria una conceptualización más clara y una mayor cantidad de estudios empíricos sobre los diferentes SNI.

El presente artículo, a partir del caso de Alemania, aporta evidencias que indican que son tres los elementos clave que explican la posición todavía favorable de Alemania en la competencia innovadora global: una fuerte base de empresas innovadoras, una capacitación técnica diferenciada de alto nivel, así como una investigación aplicada, ajustada a las necesidades del sector privado. Estos tres elementos, a lo largo de muchas décadas, han llegado a formar el núcleo del sistema industrial alemán. La cooperación en investigación y desarrollo (I+D) en el sentido estricto, entendida como el conjunto de interacciones entre empresas y entre empresas e instituciones, lejos de ser un fenómeno generalizado, mantiene una función complementaria a los propios esfuerzos innovadores de las empresas y constituye, además, sólo una entre las varias opciones que tienen éstas para abastecerse de conocimiento tecnológico externo.

El beneficio social de la cooperación en I+D y de la formación de redes es mayor al beneficio privado de las empresas involucradas. Una política tecnológica que pretende inducir sinergias entre los elementos del SNI tiene que partir de una serie de barreras que obstaculizan la cooperación. Pero, en primer lugar, tiene que evaluar si la falta de cooperación en realidad es el principal vacío del SNI o si existen otras deficiencias que requieren de una atención prioritaria. Entendido de esta manera, la formación de redes y el apoyo institucional a este proceso se debería ver como una herramienta entre varias para inducir el progreso tecnológico, pero de ninguna manera como un fin en sí mismo.

La estructura del artículo es la siguiente: después de discutir brevemente algunos factores que conducen a una creciente importancia de la cooperación en I+D (punto 2), se describe la formación histórica y la estructura actual del SNI alemán, incluyendo las instituciones y los instrumentos implementados con el fin de fomentar las sinergias entre los actores (punto 3). En el punto 4 se presentan evidencias empíricas sobre la cooperación en I+D y en el punto 5 se discuten las barreras que obstaculizan la formación de sinergias. El punto 6 resume los principales resultados y concluye con algunas recomendaciones de política tecnológica.

## **2. ¿Por qué crece la importancia de la cooperación en I+D para la innovación tecnológica?**

Antes de presentar las evidencias empíricas del SNI alemán, cabe discutir algunos aspectos que hacen comprensible y probable que la cooperación en I+D entre diferentes actores esté aumentando, principalmente en los sectores industriales más competitivos e innovadores:

- La creciente complejidad de los bienes comercializados a nivel internacional requiere entrelazar diferentes tecnologías y, para tal propósito, crear sinergias entre actores especializados. La construcción de maquinaria moderna, para tomar un ejemplo, requiere hoy de capacidad tecnológica tanto en el área de la mecánica como en el de la microelectrónica (*mecatrónica*) y crecientemente también en la informática.
- En importantes áreas tecnológicas (semiconductores, industria farmacéutica) los costos de I+D crecen rápidamente entre un ciclo de innovación y el siguiente, lo que induce a estimular la cooperación entre empresas y el fin de compartir inversiones y disitribuir riesgos.
- Con el acortamiento de los ciclos de innovación se considera de importancia estratégica acelerar la transformación de descubrimientos científicos en nuevos productos y procesos comerciales (*lead time*). Esto requiere una interacción más directa entre los actores cercanos al mercado con los representantes de las ciencias básicas.
- La concentración de empresas tecnológicas en áreas de ventajas competitivas específicas (*core competencies*) conduce a la externalización de otras funciones de I+D y al consiguiente establecimiento de relaciones de cooperación.
- Mientras aumentan las razones estratégicas y económicas para establecer redes de cooperación en I+D, los avances en la tecnología de información y comunicación permiten cada vez más desarrollar una comunicación interorganizacional ágil, independiente de la localización de los actores. Conforme avancen las posibilidades de intercambiar grandes cantidades de datos sin pérdida de tiempo, se hace factible dividir procesos típicamente internos de una empresa o un departamento (diseño e ingeniería de productos y partes) y aprovechar las ventajas específicas de diferentes actores (*Concurrent Simultaneous Engineering*, Bullinger *et. al.*, 1998:22-50).

Existen, entonces, buenas razones para partir de una creciente importancia de cooperaciones e interacciones entre diferentes actores en el proceso innovador. Un SNI complejo y maduro como el alemán se presta en forma especial para discutir algunas evidencias empíricas sobre este as-

pecto. No pretendemos abarcar la totalidad de las múltiples interacciones posibles, sino que enfocamos las relaciones horizontales y verticales entre empresas, y entre empresas e instituciones públicas.

### **3. El SNI alemán: formación, estructura y políticas estatales**

#### *3.1. Formación histórica del SNI alemán*

Desde el siglo pasado se llevó a cabo un proceso de diferenciación institucional en el sector público y privado que creó las raíces del Sistema Nacional de Innovación en Alemania. Como se verá a continuación, algunas de las interdependencias y adaptaciones mutuas de los elementos mantienen hasta hoy un papel decisivo en la competitividad de sectores de importancia estratégica.

A principios del siglo XIX, algunas décadas antes que se iniciara la revolución industrial alemana, se llevaron a cabo importantes reformas en el sistema universitario, anteriormente dedicado a la educación superior con fines principalmente humanistas. Las reformas iniciadas por Humboldt le dieron a las universidades el doble papel de desarrollar la enseñanza y la investigación. Hacia mediados de siglo, la orientación del sistema universitario a la investigación científica se había generalizado, lo que se expresó en la existencia de laboratorios para las ciencias naturales y bibliotecas especializadas en las humanidades. Al mismo tiempo se empezó a conformar un sistema de colegios técnicos superiores. A estos colegios se les autorizó a partir de 1870 a llevar el nombre de *universidades técnicas* que a finales de siglo tenían todos los derechos y los méritos de las universidades tradicionales. Las universidades técnicas contaron también con sus laboratorios de investigación, dedicados a la ingeniería y a otras ciencias aplicadas.

Desde mediados del siglo XIX también se comenzaron a observar las primeras actividades sistemáticas de investigación y desarrollo (I+D) dentro de las empresas privadas del sector industrial. A partir de este momento se dieron importantes sinergias entre los subsectores del SNI alemán emergente. La conformación de un sistema institucional adecuado fue decisivo para el nacimiento y el crecimiento de la industria química y farmacéutica de Alemania. Importantes invenciones básicas de esos sectores se realizaron en este país a mediados del siglo XIX, y se convirtieron en los fundamentos de algunas de las empresas que hoy se encuentran entre los principales *global players* del sector.<sup>1</sup> Observaciones similares se pueden

<sup>1</sup> Las empresas Bayer, BASF y Hoechst se fundaron en los años sesenta del siglo XIX.

hacer con respecto a la industria electrotécnica (Siemens). En ambos sectores, las universidades técnicas se adaptaron rápidamente a las necesidades de las empresas nuevas, en cuanto al trabajo de investigación y, sobre todo, la formación de los recursos humanos necesarios. La creciente demanda por parte de la industria en expansión fue satisfecha por parte de las universidades, que aumentaron el número de estudiantes y al mismo tiempo se ajustaron a los requerimientos específicos de las empresas. Nuevas facultades y carreras se abrieron conforme avanzó la diversificación de la industria alemana.

Estas estrechas interrelaciones entre el sector privado y la educación técnica pública conformaron la principal ventaja competitiva de Alemania en comparación con otros países en vías de industrialización. En la primera década del siglo XX, en las universidades alemanas se graduaron alrededor de 30 mil ingenieros (21 mil en Estados Unidos). En Alemania había diez veces más estudiantes de ingeniería que en Inglaterra y Gales (Keck, 1993).

El amplio abastecimiento de recursos humanos especializados no sólo permitió un rápido crecimiento de las empresas privadas, sino que impulsó también un estilo de desarrollo particular, fundamentado en la acumulación de conocimientos *tácitos*<sup>2</sup> incorporados en una planilla de personal altamente calificado. En el siglo XX, el SNI alemán se diversificó más. Sin embargo, los sectores industriales portadores de las principales ventajas competitivas de Alemania son hasta hoy precisamente aquellos que desarrollaron fuertes sinergias al principio de su sendero de desarrollo, tal y como se describió.

### *3.2. Estructura actual del SNI alemán: I+D en el sector privado y público*

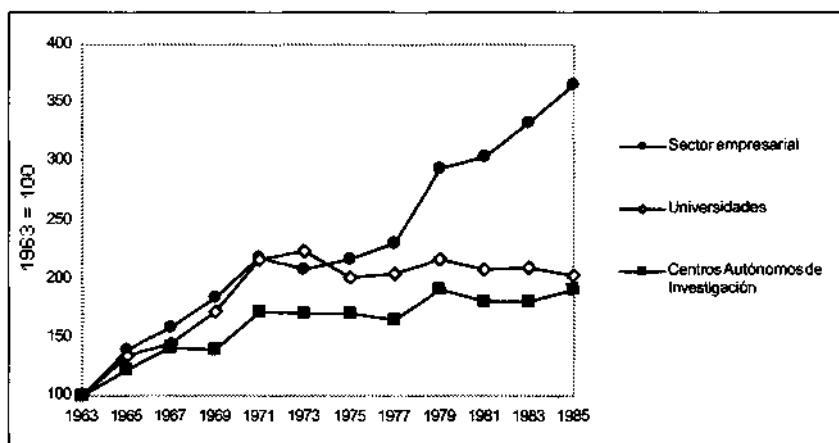
El sistema alemán de I+D consiste en tres pilares básicos: I+D industrial, universidades y los centros autónomos de investigación.

Las empresas privadas financian alrededor del 60% de todos los gastos en I+D en Alemania.<sup>3</sup> Este porcentaje es similar al de los Estados Unidos y se ubica por encima del promedio de los países de la OCDE. Como demuestra el gráfico 1, la participación del sector privado en los gas-

<sup>2</sup> El concepto del *tacit knowledge* lo fundamentó el filósofo de la ciencia Polanyi en los años sesenta. *Tacit knowledge* es aquella parte del conocimiento que no se puede ni codificar ni comunicar fácilmente (Nelson y Winter, 1982: 76ss).

<sup>3</sup> Los gastos totales en I+D fueron de unos 43 mil millones de dólares en 1997, aproximadamente un 2.3% del PBI de Alemania.

Gráfico 1. Gastos nacionales para I+D, según sector de financiamiento 1963-1985



Fuentes: elaboración propia con base en datos del Ministerio Alemán de Educación e Investigación.

tos totales para I+D creció a lo largo de las décadas pasadas y principalmente a partir de finales de los años setenta. El actor más fuerte en I+D lo constituye la gran empresa industrial: a finales de los años ochenta, el 31% de todos los gastos privados correspondieron solamente a siete empresas. Las pequeñas y medianas empresas aportan en la actualidad solamente un 13% de los gastos en I+D. Sin embargo, aun sin contar con laboratorios propios de I+D, un amplio sector de las Pymes alemanas logra exitosamente incorporar el progreso tecnológico en sus productos y procesos, ubicándose entre los segmentos más competitivos de la industria alemana.

*Investigación universitaria:* en Alemania existen 113 universidades y 114 centros de educación parauniversitarios (CEP).<sup>4</sup> Dentro del sector universitario, compuesto en su gran mayoría por instituciones públicas, las universidades tradicionales realizan principalmente investigación básica en ciencias naturales, medicina y ciencias sociales, mientras que las universidades técnicas poseen un fuerte énfasis en la ingeniería. El presupuesto de los CEP destinado a I+D es limitado; sin embargo, debido al carácter aplicado de su trabajo, logran ubicarse como importantes contrapartes de las Pymes en proyectos tecnológicos.

<sup>4</sup> Los *Fachhochschulen* se fundaron a principios de los años setenta. Capacitan principalmente ingenieros a un nivel más práctico que las universidades técnicas.

*Centros autónomos de investigación:* Alemania cuenta con un complejo sistema de centros autónomos de investigación, financiado principalmente por el gobierno central y los estados federales.<sup>5</sup> Existen tres grupos de instituciones importantes dentro del SNI alemán:

- Los Institutos Max-Planck (MPI, por sus siglas en alemán): en la actualidad existen 78 entidades dedicadas a la investigación básica en ciencias naturales.

- Los Centros de Investigación Grande (GFE, por sus siglas en alemán): son actualmente 16 centros con una plantilla que llega a 4.000 científicos en las unidades más grandes. Se caracterizan por trabajar con instrumentos para experimentos técnicos a gran escala (reactores nucleares experimentales). Su misión tradicional fue la de combinar la investigación básica con la investigación aplicada en tareas complejas y con plazos entre medianos y largos (trenes ultraveloces, estación espacial). Las entidades más grandes se encuentran actualmente en un proceso de reestructuración y de reorientación hacia tareas más aplicadas.

- Los Institutos de la Sociedad Fraunhofer (FhG, por sus siglas en alemán): hoy existen 47 institutos que se dedican a la investigación aplicada y por contrato. Los FhG reciben financiamiento estatal en relación con el nivel de autofinanciamiento alcanzado. Por cada monto de dinero que ingresa mediante contratos externos, reciben un aporte proporcional del Estado.

Obviamente, el SNI de Alemania es complejo y presenta un amplio potencial para sinergias tecnológicas entre el sector privado y el sector público. La política tecnológica fomenta, mediante una gama de instrumentos, la cooperación entre los actores y la creación de sinergias. A continuación se describen algunos de los instrumentos más importantes.

### *3.3. Instrumentos de la política tecnológica de Alemania para fomentar la cooperación en I+D*

La política tecnológica alemana atravesó en la época de posguerra cuatro etapas con diferentes focos de atención y durante las cuales se implementaron diferentes mecanismos de apoyo. Los instrumentos de cada una de las etapas mantuvieron posteriormente su vigencia, así que hoy existe una compleja gama de instituciones e instrumentos que no forman un sistema coherente de fomento tecnológico, sino que responden de distinta manera a diferentes problemas.

<sup>5</sup> El término "autónomo" se refiere al hecho de que aunque dependen del financiamiento estatal, su forma legal les permite tomar decisiones internas sin mayor influencia del Estado.

### 3.3.1. *Etapas de la política tecnológica en la posguerra*

La *primera etapa* de una política tecnológica activa tuvo su arranque en 1955, cuando Alemania recuperó su plena soberanía. Se concentraron los recursos públicos en el fomento de la investigación básica y en el establecimiento de varios Centros de Investigación Grande (GFE), cuya misión principal fue la de disminuir la brecha entre Alemania y los Estados Unidos en la tecnología nuclear. También la I+D en la industria privada recibió apoyo estatal mediante instrumentos *directos* de fomento tecnológico (ver recuadro).

Los *instrumentos directos* fomentan la innovación a través de subsidios para tareas claramente circunscritas en cuanto al contenido y al plazo (proyectos), influyendo en el rumbo del desarrollo. Los *instrumentos indirectos* apoyan a la I+D como función empresarial, y no como tarea específica, de tal modo que queda a cargo de las empresas decidir para qué tipo de proyectos invierten los subsidios estatales.

La *segunda etapa* de la política tecnológica alemana respondió a la primera recesión posguerra de los años 1966-1967. Se amplió la gama de tecnologías que recibieron fuerte apoyo estatal, enfocando aquellas que tenían potencial para aumentar la competitividad internacional de sectores más amplios de la industria alemana. Además, se implementaron instrumentos *indirectos*, principalmente incentivos fiscales, con la finalidad de acelerar la difusión de nuevas tecnologías en el sector privado.

La *tercera etapa* de la política tecnológica arrancó a inicios de los años ochenta y respondió en primer lugar a la creciente competencia tecnológica entre los bloques industriales del Norte. Varios indicadores señalaron que la posición competitiva de Alemania se estaba debilitando. Uno de los principales retos a los cuales respondió la política tecnológica fue el de acelerar el ciclo innovador, específicamente la conversión de descubrimientos científicos en nuevos productos y procesos. Además, se iniciaron esfuerzos para mejorar las estructuras empresariales a través de la formación más dinámica de nuevas empresas de base tecnológica. Esta etapa mantuvo vigencia hasta mediados de los años noventa.

A partir de mediados de los años noventa se perfila una *cuarta etapa* de política tecnológica en Alemania. Mientras que la percepción de la problemática a la cual se buscan soluciones (insuficiente ritmo de innovación y de formación de nuevas empresas) se mantiene constante, los recursos disponibles para el fomento tecnológico disminuyen en forma sostenida, principalmente por los altos costos fiscales de la reunificación de Alemania y por los altos déficit estructurales en los presupuestos públi-

cos. La respuesta a esta situación consiste en una serie de reformas programadas para las instituciones públicas (universidades, GFE) y en una mayor focalización de los recursos en áreas tecnológicas consideradas de importancia estratégica.

### *3.3.2. Instrumentos e instituciones destinados a fomentar las sinergias en el SIN*

En distintas etapas se implementaron instrumentos específicamente dirigidos a fomentar las sinergias entre diferentes actores del SIN. A continuación se describen algunas de ellas y se presentan algunas evidencias sobre su eficacia.

El instrumento más antiguo para fomentar la cooperación en I+D es el programa de la "Investigación Industrial Común" que desde 1954 recibe apoyo del Ministerio de Economía.<sup>6</sup> La base institucional de este instrumento es la "Organización de Asociaciones de Investigación Común", conformada en la actualidad por 108 asociaciones de diferentes sectores industriales. Se realizan proyectos de investigación aplicada en áreas pre-competitivas y los resultados son accesibles para todas las empresas miembros de la asociación. El principal grupo meta de este instrumento son las Pymes que no disponen de suficientes recursos para llevar a cabo I+D interno. En términos cuantitativos, el alcance del instrumento es limitado. En 1995, el sector empresarial invirtió alrededor de 260 millones de dólares para la investigación asociativa,<sup>7</sup> lo que equivale a 0.9% de todos los gastos privados para I+D. Un análisis más detallado a nivel sectorial revela que en algunas actividades tradicionales con alta participación de Pymes (transformación de cueros, textiles, confección), la Investigación Común llega a representar una tercera parte de todos los gastos en I+D. Al otro lado, en las actividades de alto contenido científico (industria química, electrotécnica, automotriz) los proyectos compartidos son insignificantes.

A partir de los años ochenta, iniciando la tercera etapa de la política tecnológica (véase más arriba) y con la finalidad de acortar el ciclo innovador, se intensificaron los esfuerzos para inducir mediante subsidios la creación de instituciones especiales y la cooperación entre diferentes actores del SNI. En el marco de los programas de *fomento directo* a la I+D, se vinculó la posibilidad de acceder a fondos públicos a la cooperación entre por lo menos dos organizaciones diferentes, generalmente entre varias empresas privadas por un lado, y una o varias instituciones públicas por el

<sup>6</sup> En alemán: *Industrielle Gemeinschaftsforschung*.

<sup>7</sup> El subsidio a la investigación común por parte del Ministerio de Economía fue, en el mismo año, de alrededor de 90 millones de dólares.

otro. Estudios de caso demuestran que el inicio y la realización exitosa de este tipo de proyectos compartidos depende de una serie de condiciones estructurales,<sup>8</sup> un mínimo de confianza interpersonal, y la ausencia de comportamiento aprovechador. Además, requiere de un fuerte acompañamiento y monitoreo por parte de actores neutrales.

En el marco de los programas de *fomento indirecto*, implementados en los años noventa ("Forschungskooperation"), se subsidian actividades de cooperación en I+D principalmente de las Pymes y específicamente:

- Proyectos tecnológicos realizados entre varias empresas con la incorporación adicional de instituciones de investigación o sin ella.
- Contratos de I+D que firma la empresa privada con instituciones públicas.
- El intercambio, por tiempo limitado, de personal de I+D entre empresas privadas e instituciones públicas de investigación.

Este programa ha tenido un impacto entre las Pymes de los nuevos estados federales de Alemania, es decir en la antigua Alemania Oriental. Las empresas que sobrevivieron a las fuertes reestructuraciones o que se fundaron después de la reunificación alemana, en buena parte no contaron con experiencias en la cooperación horizontal o vertical y los subsidios otorgados obviamente lograron incentivar el acercamiento a instituciones públicas y a otras empresas.

También a partir de los años ochenta se empezaron a instalar oficinas e instituciones cuya principal misión es cerrar la brecha entre el sector público y el sector privado a través de la *transferencia de tecnología*. Entre el total de más de mil instituciones existentes a mediados de los años noventa, se observa una gran variedad en cuanto a su constitución formal y legal, sus principios de funcionamiento y sus tareas específicas. Sin embargo, se pueden distinguir claramente dos conceptos básicos de transferencia de tecnología.

- La transferencia *ex-post* de tecnología desarrollada. Consiste principalmente en identificar tecnologías desarrolladas dentro de la propia organización que tenga potencial para la aplicación comercial y buscar clientes externos. Es el concepto aplicado por la mayoría de las instituciones públicas y oficinas universitarias de transferencia de tecnología.

- El involucramiento temprano de los clientes en la fijación de los objetivos, el diseño y la realización del proyecto. Son pocas las oficinas pú-

<sup>8</sup> Por ejemplo, no debe de haber diferencias muy grandes en el nivel de capacidades tecnológicas entre las empresas involucradas.

blicas que trabajan con este concepto proactivo de transferencia de tecnología. Una de las instituciones más exitosas es la *Fundación Steinbeis*, institución privada sin fines de lucro, cuyo campo de acción principal es el estado federal de Baden-Württemberg.

#### **Un ejemplo de transferencia tecnológica exitosa: la *Fundación Steinbeis***

La Fundación Steinbeis fue fundada en 1971 por parte de representantes de la política, la administración pública, el sector académico y las empresas privadas del Estado Federal de Baden-Württemberg. Hoy, la Fundación cuenta con una red de 320 Centros de Transferencia Tecnológica (CTT), organizados como unidades dependientes con administración propia (*profit center*). Se encuentran anexos a institutos en universidades y, sobre todo, en los Centros de Educación Parauniversitarios (CEP). Los CTT contratan los recursos humanos y materiales de los institutos a precios de mercado y generalmente el administrador del centro es un profesor titular del CEP o la universidad respectiva. Basados en esta estructura, se logra mantener muy bajas las inversiones y los costos fijos. La Fundación alcanza un nivel de autofinanciamiento superior al 95%. Es principalmente la pequeña y mediana empresa la que contrata los servicios de la Fundación Steinbeis, para la solución rápida de problemas técnicos específicos. El volumen de los contratos aumenta constantemente: los ingresos de la Fundación subieron de unos 28 millones de dólares en 1990 a aproximadamente 68 millones en 1997. Un factor decisivo para el éxito de la Fundación Steinbeis es su estructura descentralizada: cada CTT es altamente especializada en un área tecnológica. La oficina central, ubicada en Stuttgart, sirve principalmente como centro de enlace entre el cliente y el CTT que tiene la capacidad tecnológica para atender el problema específico. Una vez realizado el contacto, le compete al CTT negociar los términos de la cooperación y velar por su éxito. Dada su organización como *profit centers*, los CTT tienen una alta motivación intrínseca para ofrecer servicios de alta calidad y orientados a las necesidades de los clientes actuales y potenciales.

Las evaluaciones realizadas indican que la mayoría de las instituciones que trabajan conforme al primer concepto de transferencia de tecnología han tenido un éxito muy limitado. Esto se debe a una serie de factores, entre los que se deben mencionar los siguientes:

- En muchos casos, las tecnologías desarrolladas en las universidades e instituciones públicas no se ajustan a las necesidades del mercado.
- En muchos casos, las personas encargadas de la transferencia de

tecnología no es gente técnicamente capacitada, sino que se trata de personal administrativo o provenientes de otras áreas de la institución. Esto dificulta la evaluación de las oportunidades tecnológicas y la comunicación con los técnicos de la empresa privada.

- En muchos casos no existen incentivos intrínsecos para buscar activamente el contacto con la empresa privada, puesto que las instituciones reciben un financiamiento público garantizado.

Recientemente, en la cuarta etapa de la política tecnológica de Alemania, se está implementando otro tipo de fomento a la cooperación en I+D, más prometedor que otros instrumentos del pasado. El concepto básico consiste en celebrar concursos temáticos para el financiamiento de proyectos y programas. En estos concursos participan redes de actores que se conforman "desde abajo" en base a relaciones existentes a nivel regional o supraregional. De esta manera se garantiza que las interacciones correspondan a los intereses propios de los actores participantes y que exista un mínimo de confianza entre ellos. En una primera etapa, se elaboran conceptos preliminares. Una comisión independiente selecciona entre estos esbozos los más prometedores. En la segunda etapa, el Ministerio de Educación y Ciencia apoya mediante subsidios el proceso de elaboración de los proyectos, con base en los esbozos preseleccionados. Entre ellos se realiza la selección definitiva. Los proyectos aprobados reciben un apoyo financiero significativo en un mediano plazo (generalmente cinco años).

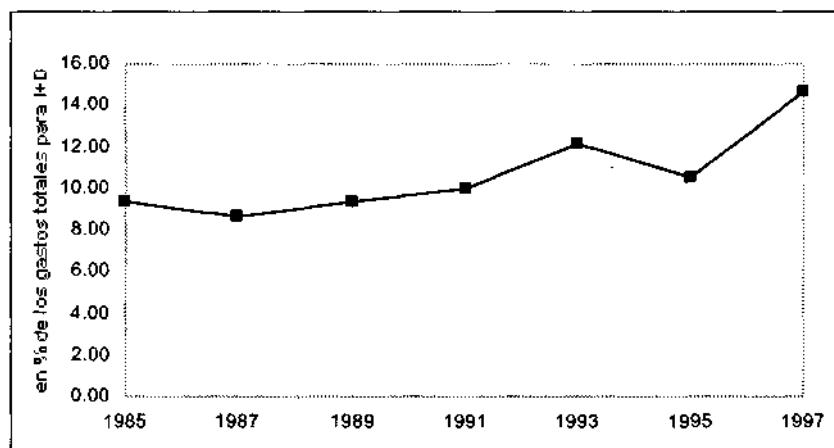
Las primeras experiencias con este tipo de concurso indican que efectivamente se logra inducir un trabajo creativo de importantes actores del SNI. En los concursos celebrados hasta la fecha participaron un número elevado de redes de actores. Obviamente, el elemento competitivo permite una mejor asignación de los recursos para el fomento a la tecnología e incentiva una cooperación interorganizacional dirigida.

#### **4. Evidencias sobre el papel de la cooperación en I+D en el proceso innovador de Alemania**

Evaluar la importancia de la cooperación en I+D dentro de un SNI choca con una serie de problemas metodológicos. Estos se derivan, en primer lugar, de la multitud de posibles relaciones que se pueden incluir dentro del concepto de cooperación y que van desde la compra de licencias y otras formas contractuales de abastecimiento externo con *know-how*, hasta relaciones informales y personalizadas entre actores de diferentes organizaciones.

En el caso de Alemania se permite en un primer acercamiento, ana-

**Gráfico 2. Importancia relativa de los gastos externos en I+D (1985-1997)**



*Fuentes:* elaboración propia con base en datos del Ministerio alemán de Educación e Investigación.

lizar la importancia de relaciones externas vinculadas con el flujo de recursos económicos<sup>9</sup> de una organización a otra y su dinámica en el tiempo. Los datos del gráfico 2 se fundamentan en una encuesta realizada manualmente entre 25.000 empresas alemanas y demuestra el desenvolvimiento de los gastos externos de las empresas para I+D a lo largo de los últimos años.<sup>10</sup>

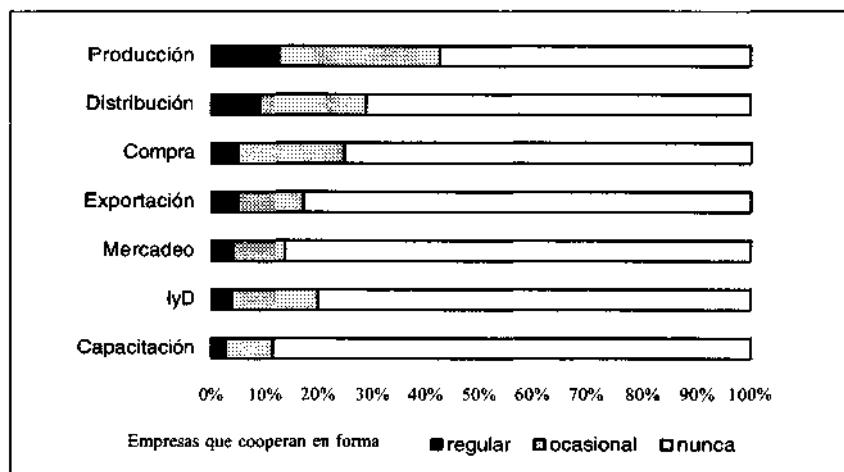
En primer lugar, se puede destacar que todavía un 85% de todos los fondos para la innovación tecnológica se utilizan para actividades internas de las empresas, es decir para cubrir costos de personal, de equipamiento y mantenimiento de laboratorios, etc. Se puede notar un incremento paulatino de los gastos externos y los datos para los años noventa señalan que la externalización de los gastos para I+D se vuelve un poco más dinámica.

La misma encuesta revela que en 1995 un 60% de los gastos externos en I+D fue utilizado para la cooperación con otras empresas privadas, por ejemplo para la compra de patentes y licencias. Aproximadamente el 22% de los gastos externos se destinaron a la cooperación con universidades y centros autónomos de investigación, el 15% a la contratación de

s Se trata de la compra de licencias, contratos formalizados de I+D con otra empresa o con una organización pública, asesorías técnicas y.o.m.

10 Esta encuesta es realizada por la asociación "Stifterverband für die deutsche Wissenschaft", organización sin fines de lucro, que coordina actividades de fomento a la ciencia y para mejorar la cooperación entre la ciencia y la empresa privada.

Gráfico 3. Cooperación en la industria manufacturera de Rhenania del Norte - Westfalia



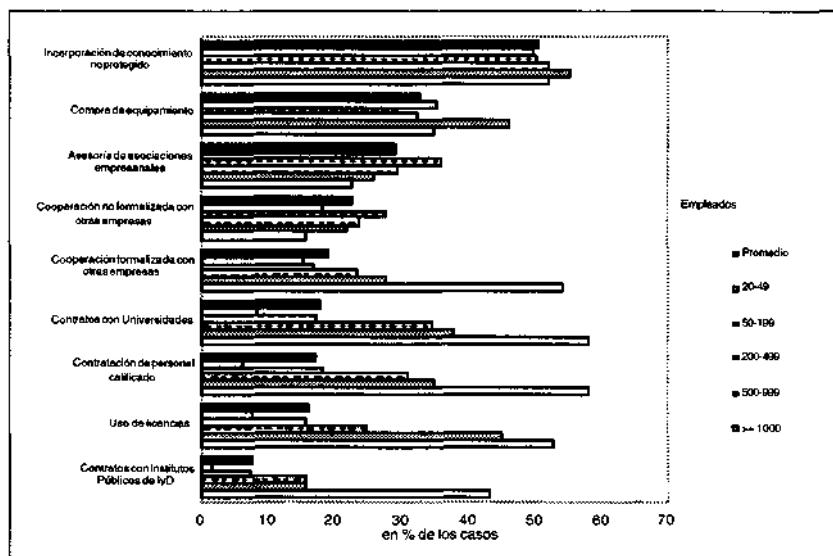
Fuente: Dörsam e Icks, 1997: 36.

tecnología a nivel internacional y los restantes 3% a otras formas de cooperación en I+D.

En 1990 se realizó una encuesta a un total de 719 empresas del sector manufacturero de Rhenania del Norte - Westfalia, estado federal del oeste de Alemania con un denso tejido de empresas industriales, tanto de sectores tradicionales como modernos (Dörsam e Icks, 1997: 36ss). El gráfico 3 revela que la cooperación externa no se puede considerar como fenómeno generalizado en ningún área funcional de las empresas, y que es específicamente baja la tasa respectiva en I+D. Un número muy contado de empresas (el 3,9% del total) indicaron que cooperan en forma regular con otros actores en la generación de nuevos conocimientos técnicos, mientras que el 80% de las empresas no coopera nunca en este área.

El hecho de que una empresa no coopere ni con otra empresa ni con una institución pública, no significa que desista de la posibilidad de incorporar conocimiento externo a sus productos y procesos. Esto lo revelan los resultados de otra encuesta, realizada por el Instituto de Investigación Económica (IFO, por sus siglas en alemán) en 1994 a un conjunto de más de mil 600 empresas industriales con por lo menos 20 empleados (Reinhard y Schmalholz, 1996). La forma más importante de adquisición de conocimiento tecnológico externo es, para el conjunto de las empresas y para cada uno de los estratos, la incorporación de conocimiento no protegido, tanto en forma no incorporada (literatura, presentaciones en ferias,

**Gráfico 4. Fuentes de conocimiento tecnológico en la industria manufacturera de Alemania**



Fuente: elaboración propia con base en Reinhard / Schmalholz, 1996: 42.

etc.) como incorporado en bienes materiales, por ejemplo la observación de la competencia, el análisis de productos (*reverse engineering*) o la compra de equipamiento.

La asesoría tecnológica que prestan instituciones del sector privado, como cámaras y asociaciones empresariales, tiene importancia principalmente para la mediana empresa, aproximadamente una en tres empresas mencionó haber recurrido a este recurso.<sup>11</sup> Una situación similar, aunque a menor nivel, se observa con respecto a la cooperación no formalizada entre empresas. Este concepto incluye tanto relaciones verticales (productor-usuario de tecnología) como horizontales (entre empresas del mismo eslabón de la cadena productiva). Por otro lado, la cooperación formalizada en I+D y el uso de licencias tienen viabilidad principalmente para la gran empresa. Contratar personal calificado constituye una opción eficiente para incorporar conocimiento tácito. Esta posibilidad se presta en primer lugar para la empresa grande con suficientes recursos y posibilidades para incluir personal de I+D en su planilla.

<sup>11</sup> Según la misma encuesta, la importancia de las oficinas públicas de transferencia de tecnología es casi insignificante.

A pesar de que la información disponible tiene un carácter parcial,<sup>12</sup> se pueden resumir algunos aspectos generales:

- Para las empresas grandes, la base principal de la innovación tecnológica sigue siendo la propia I+D de la empresa. Aunque una parte de ellas utilizan diferentes vías para acceder a un *know-how* externo, éste mantiene un carácter complementario a la propia generación de conocimientos. A la hora de cooperar con actores externos, las empresas grandes suelen optar por relaciones formalizadas y contractuales.
- Muchas Pymes logran mantener una alta competitividad basada en la innovación tecnológica, sin realizar en forma sistemática actividades de I+D. Esto se debe a la alta capacitación técnica que reciben tanto los empresarios como los ingenieros en las universidades técnicas y los CEP. Como fuente de *know-how* externo utilizan principalmente la observación de la competencia y sus productos, formas que no incluyen un intercambio directo con otros actores del SNI.
- La información disponible indica que el nivel de externalización de I+D y de cooperación entre diferentes actores del SNI alemán tiende a aumentar. Sin embargo se trata de un proceso incremental que difícilmente se podría interpretar como cambio del paradigma en el proceso innovador industrial.

## 5. Barreras a la cooperación en I+D

Considerando que existe una serie de razones importantes para que aumente la cooperación en I+D entre los actores del proceso innovador (véase la sección 2), que Alemania cuenta con un SNI muy complejo y que ha madurado a lo largo de muchas décadas, y que la política tecnológica invierte considerables recursos para fomentar la cooperación, las evidencias presentadas revelan un nivel sorprendentemente bajo de interacción entre la empresa privada y otros elementos del SNI. Obviamente existe una serie de obstáculos que impiden que las sinergias se desenvuelvan plenamente. A continuación se definen dos tipos de barreras:

- *Barreras "duras"*: Se pueden dividir en costos de transacción y los riesgos que implica la interacción con otros actores.
- *Barreras "blandas"*: El conjunto de obstáculos socioculturales que influyen en la disposición de los actores, de cooperar con otros.

<sup>12</sup> Los datos del gráfico 4 indican el porcentaje de empresas que en uno o varios momentos ha recurrido a las diferentes fuentes de conocimiento externo; sin embargo, no permiten evaluar en forma cualitativa o cuantitativa la importancia de cada una de ellas.

La cooperación interorganizacional significa para los actores incurrir en *costos específicos de transacción*. Se debe buscar un socio adecuado, evaluar sus capacidades tecnológicas, y negociar y monitorear los términos de la cooperación. Todo esto requiere de la inversión de tiempo y recursos, lo que constituye una barrera especialmente para las Pymes. En la encuesta mencionada del Instituto IFO, 52% de las empresas del oeste de Alemania con una planilla entre 20 y 49 empleados mencionaron los costos de transacción como razón principal para no cooperar con socios externos en la generación de nuevas tecnologías.

Además de incurrir en costos de transacción, las empresas corren *riesgos específicos provenientes de la interacción*. Corren el peligro del fracaso del proyecto compartido o de no poder disfrutar adecuadamente sus resultados, debido a errores a la hora de negociar las condiciones. Otro riesgo, importante en la realidad y aún más en la percepción de muchos empresarios, consiste en la pérdida de conocimiento estratégico a través de la cooperación con otras organizaciones. Según la encuesta mencionada, el peligro del "drenaje" de *know-how* figura entre las principales razones que mencionan las empresas grandes, para no cooperar con agentes externos en la generación de tecnología. Ya en 1985, un estudio de Mansfield (Mansfield, 1985: 217ss) reveló que informaciones clave sobre nuevos productos o procesos se encontraron en manos de al menos algunos de los competidores 12 a 16 meses después que la empresa innovadora hubiera iniciado el desarrollo de la tecnología. Con el acortamiento de los ciclos innovadores, el riesgo para la empresa individual de perder una ventaja decisiva a través del drenaje de conocimiento se agrava.

La cooperación formalizada en I+D le permite a la empresa mantener un control relativamente estricto sobre el flujo de información y conocimiento a través de la preparación y del control de los representantes como *gatekeeper* de la propia organización. Cuando se trata de interacciones informales y concentradas en un territorio delimitado, situación que se presenta en la literatura actual como especialmente apta para estimular la creatividad y la capacidad innovadora colectiva, los riesgos se salen de las posibilidades de control y monitoreo de la empresa.

Von Hippel analizó la cooperación informal entre técnicos de empresas metalúrgicas en los Estados Unidos (Von Hippel 1987: 295). Por un lado encuentra que la mayor parte del intercambio de información tiene un carácter recíproco y de beneficio mutuo, también menciona casos interesantes de los riesgos específicos que conlleva la cooperación entre competidores.

Mientras que cierto nivel de "drenaje" de *know-how* técnico novedoso dentro de redes de actores y SNI tiene un efecto social positivo y se

puede considerar como base de un buen funcionamiento de una sociedad basada en el conocimiento (OECD 1992: 50), la empresa individual necesariamente lo valora como negativo.

Obviamente la disposición de la empresa a buscar la cooperación con otros actores dentro del SNI depende de cómo valora el balance entre el beneficio potencial de esta interacción por un lado, y los costos y riesgos asociados a la cooperación por el otro. Entre los factores que influyen en este balance se pueden nombrar la complejidad de las funciones de la empresa y la importancia de la información estratégica de la propia organización. Y cuanto más complejo el sector en el cual trabaja la empresa, más probable que pueda aprovechar las informaciones obtenidas a través de la cooperación externa (nuevos procesos, ampliación de la gama de productos). Esta correlación podría servir para explicar por qué la cooperación externa es relativamente común en la industria de información y comunicación, cuyo éxito en el mercado depende, en gran medida, de múltiples complementariedades entre diferentes componentes de *hardware* así como entre *hardware* y *software*.

Además de estos factores "duros", también existen factores " blandos" que pueden obstaculizar la cooperación en I+D. En muchos casos se observa que los actores tienden a sobreestimar la propia capacidad tecnológica, mientras que subestiman la capacidad de sus posibles socios. Una barrera psicológica que se suele encontrar en las Pymes innovadoras es que la búsqueda de conocimiento externo se considera como supuesto reconocimiento del propio fracaso en un área clave del accionar de la empresa. Otro tipo de problema se da en el caso de las empresas grandes de organización vertical. En este tipo de empresas son los ingenieros y los administrativos del nivel medio los que cuentan con la capacidad técnica para buscar socios externos adecuados. Sin embargo, su motivación para relacionarse con otros actores suele ser muy limitada, puesto que sus oportunidades de ascenso dentro de la jerarquía empresarial se ven fomentadas principalmente a través del desarrollo de soluciones técnicas propias y no mediante la incorporación de conocimiento externo.

Cuando se trata de la cooperación entre empresas privadas y universidades públicas de tradición académica se observa otra serie de barreras que, aunque tienen un carácter blando, obstaculizan seriamente el aprovechamiento de ciertas sinergias. Se observan fuertes diferencias en las metas, los incentivos y las estructuras de comunicación (véase, al respecto, el cuadro 1):

- Mientras que la investigación científica tiene como objetivo llegar a conclusiones generales sobre una o pocas variables, y en la mayoría de los casos preve plazos medianos a largos para lograr esta meta, la I+D in-

**Cuadro 1. Metas, incentivos y estructuras de comunicación en la investigación industrial y académica**

	I+D industrial	Investigación académica
Objeto del estudio	Conocimiento funcional y específico sobre una multitud de variables	Conocimiento generalizado sobre pocos variables
Plazos	Solución a corto plazo	Perspectiva de mediano a largo plazo
Incentivos	Interés en conocimientos aplicados en la práctica  Oportunidades de ascenso mediante el propio desarrollo de soluciones, no a través de la incorporación de <i>know-how</i> externo  Patentes como medida del éxito	Muchos méritos de descubrimientos en la investigación básica, poco prestigio de investigación aplicada  Publicaciones como medida del éxito
Interacción social	Comunicación y toma de decisión, jerárquicas y formalizadas	Comunicación horizontal y abierta

dustrial tiene como propósito desarrollar soluciones técnicas concretas en un plazo breve, lo que requiere de informaciones sobre una multitud de variables. En consecuencia, se vuelve difícil identificar proyectos de I+D que resulten interesantes para ambas partes.

- Como actores de la cooperación, se enfrentan técnicos de empresas que generalmente tienen poca motivación para buscar socios externos, con científicos cuyos méritos académicos aumentan con la obtención de resultados en investigación básica y no tanto en la investigación aplicada. De tal modo los actores claves en ambos lados del SNI tienen pocos incentivos para llegar a una cooperación en I+D.

- El éxito de la I+D industrial se mide en el número de los patentes otorgados, mientras que el de la investigación científica en la pronta publicación de descubrimientos novedosos. Esto crea en la práctica una serie de conflictos difíciles de resolver.

- Además, ambos subsistemas del SNI cuentan con diferentes sistemas de comunicación y de toma de decisiones, jerárquica y formalizada en la I+D industrial, y abierta y horizontal en la comunidad académica. Como resultado de estas diferencias se observan malentendidos y perjuicios entre actores de ambas partes.

## 6. Perspectivas y conclusiones

Hasta hoy, Alemania dispone de uno de los SNI más efectivos de los países de la OCDE. Así por ejemplo, entre 1980 y 1995 se otorgaron alrededor de 109 mil patentes para el mercado de los Estados Unidos a inventores alemanes, frente a 41 mil para inventores franceses y 40 mil para inventores británicos (OECD, 1998: 291). En cuanto a algunos productos de consumo importantes (automóviles) y bienes de equipo (maquinaria de alto contenido tecnológico) Alemania mantiene una posición muy fuerte en el mercado mundial.

Las principales fortalezas del SNI alemán siguen siendo un sector privado altamente comprometido con la innovación tecnológica, una educación técnica diferenciada y de alto nivel, así como instituciones de investigación aplicada que abastecen a través de diferentes vías a la empresa privada con nuevos conocimientos. Las interacciones entre estos tres pilares son, en algunos casos (como el de las universidades técnicas), resultado de un largo proceso histórico de diferenciación institucional y de ajustes mutuos entre los diferentes elementos del SNI.<sup>13</sup> En otros casos las que llenaron algunos vacíos dentro del SNI alemán fueron decisiones específicas de la política tecnológica más reciente. Cabe mencionar en este contexto el establecimiento de un sistema de educación técnica para universitaria (los CEP, véase sección 3.2) y el establecimiento de instituciones semiprivadas de investigación por contrato y de transferencia de tecnología (la FhG, Fundación Steinbeis).

El SNI alemán todavía es altamente funcional para la producción de bienes complejos y competitivos en el mercado mundial. Sigue sin resolverse el reto de reformar y transformar este conjunto de instituciones públicas y privadas para enfrentar la transformación hacia la "sociedad de la información y el conocimiento". Las deficiencias de Alemania en este contexto, principalmente un sector de servicios modernos poco desarrollado y una baja "tasa de natalidad" de empresas de base científica-tecnológica, son preocupantes.

De manera contraria a lo que se podría esperar en un SNI complejo y maduro, los datos arriba discutidos indican que la cooperación en I+D entre actores de diferentes organizaciones no es un fenómeno generalizado en Alemania, ni constituye una precondition indispensable para la competitividad de las empresas. Partiendo de esta conclusión se analizaron barreras a la cooperación, que se pueden resumir de la siguiente manera:

<sup>13</sup> Nelson, en sus trabajos mas recientes, le da especial importancia a la interacción entre tecnología, estructura industrial e instituciones acompañantes. Ver Nelson, 1998.

- Puede ser perfectamente racional, desde la lógica objetiva de la empresa particular, el no cooperar con otros actores del SNI. El beneficio social de la cooperación en I+D es mayor al beneficio privado de la empresa particular.
- Existen obstáculos, relacionados con la percepción individual del empresario o de otros actores involucrados, que hacen que aun cuando exista la posibilidad de aumentar el éxito empresarial a través de la cooperación, este potencial no se aproveche.

El primer aspecto significa que le compete al estado inducir sinergias técnicamente viables y socialmente deseables que no se desenvuelven espontáneamente (en base al análisis de los costos y beneficios de la empresa privada). Por otro lado, ambos aspectos mencionados indican que cualquier esfuerzo en este sentido tiene que partir de los intereses objetivos y la percepción de los actores involucrados.

Considerando además la capacidad limitada del estado para evaluar los aspectos técnicos y económicos de la cooperación, la forma más prometedora de fomentar las sinergias dentro de un SNI consiste en instrumentos indirectos que incentivan la cooperación en I+D, mientras que dejan a cargo de los actores privados cualquier decisión respecto de con quién, en qué aspectos y bajo qué condiciones se coopera. Las experiencias de Alemania indican<sup>14</sup> que un subsidio financiero puede ayudar a romper algunas de las barreras que obstaculizan la cooperación entre diferentes actores del SNI. Al mismo tiempo hay que constatar que los efectos de los instrumentos indirectos son limitados (por lo menos a corto plazo), mientras que los costos fiscales son elevados. Las primeras experiencias con este tipo de instrumentos indican que, mediante la celebración de concursos con anterioridad a cualquier flujo de recursos públicos, se podrá aumentar el retorno social de los gastos fiscales en el fomento tecnológico.

Obviamente, la formación de redes entre los actores del SNI no es una panacea para resolver deficiencias en su funcionamiento. A la hora de explotar las experiencias de Alemania para la definición de políticas tecnológicas en otros países, habría que analizar si la falta de cooperación en I+D efectivamente constituye el principal cuello de botella del proceso innovador, de tal modo que removerlo merece la dedicación de considerables recursos públicos. En muchas sociedades semi-industrializadas, los SNI demuestran otros vacíos que requieren de una atención prioritaria, como la falta de empresas comprometidas con la innovación y un deficiente siste-

<sup>14</sup> Véase la información sobre el programa "Forschungskooperation" en la sección 3.2.2.

ma de capacitación técnica. A la hora de atender estos problemas, estudiar los aciertos y desaciertos del SNI alemán puede ayudar a optimizar la asignación de los recursos disponibles al fomento tecnológico.

## Bibliografía

- Bullinger, H. et al. (1998), "Concurrent Simultaneous Engineering (CSE) - New Orientation in Product Development", 1<sup>st</sup> International Symposium on Concurrent Multidisciplinary Engineering (CME). Proceedings, Bremen, Hochschule Bremen.
- Dorsam, P. e Icks, A. (1997), "Vom Einzelunternehmen zum regionalen Netzwerk: Eine Option für mittelständische Unternehmen", *Schriften des Instituts für Mittelstandsfororschung Bonn*, No. 75. Stuttgart.
- Hippel, E. von (1987), "Cooperation Between Rivals: Informal Know-how Trading", *Research Policy*, N° 16: 291-302.
- Keck, O. (1993), "The National System for Technical Innovation in Germany", en Nelson (ed.), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, New York, Oxford, pp. 115-157.
- Mansfield, E. (1985), "How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out?", en *The Journal of Industrial Economics*, N°. 34, Vol. 2: 217-223.
- Nelson, R. y Sidney, W. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, London.
- Nelson, R. (Hrsg.) (1993), *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, New York, Oxford.
- (1998), 'The Co-Evolution of Technology, Industrial Structure and Supporting Institutions', en Dosi, G; Teece, D. y Chytry, J. (eds.), *Technology, Organization and Competitiveness. Perspectives on Industrial and Corporate Change*, Oxford, 319-336.
- OECD (1992), *Technology and the Economy, The Key Relationships*, Paris.
- (1998), *Science, Technology and Industry Outlook*, Paris.
- Reinhard, M. y Schmalholz, H. (1996), "Technologietransfer in Deutschland. Stand und Reformbedarf", *Schriftenreihe des ifo-Institutes*, No. 140, München.
- Stamm, A. (1999), "Wirtschaftsnahes Technologiemanagement - Erfahrungen aus Deutschland und Implikationen für die fortgeschrittenen Länder Lateinamerikas", Instituto Alemán de Desarrollo, Berlin.