

Competitividad y globalización en la industria mexicana: el papel de los Centros Tecnológicos de Investigación y Desarrollo

H U M B E R T O M E R R I T T *

RESUMEN: Desde hace varios años se ha observado una tendencia creciente en la producción manufacturera mundial a trasladar procesos enteros de fabricación hacia aquellos países que ofrecen las condiciones más ventajosas. Un aspecto clave en este fenómeno es la estrecha colaboración que se ha forjado entre las empresas industriales y los Centros Tecnológicos de Investigación y Desarrollo (CTID). El reforzamiento de esta colaboración obedece a las complejidades que enfrentan las firmas manufactureras para mejorar su competitividad en un entorno globalizado. México no es la excepción, y los CTID del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) han jugado un rol fundamental para el reforzamiento de las capacidades tecnológicas de muchas de las empresas exportadoras del país. Este artículo busca documentar las causas que están detrás de esta colaboración, resaltando el papel que juega la prestación de servicios tecnológicos de soporte, tales como la difusión de estándares industriales, los servicios de consultoría técnica, la capacitación y entrenamiento industrial y la provisión de los llamados SAMCCC (servicios analíticos de metrología, calibración y control de calidad).

1. Introducción

La economía mundial ha experimentado en los últimos años un aumento de la producción de manufacturas y servicios en una escala nunca antes vista. Esta expansión ha involucrado a gran número de empresas, actuando de manera coordinada a través de redes globales de abasto y distribución. Este proceso conocido como “globalización de la producción industrial”,¹ tiene como rasgo distintivo la rapidez con la que se generan, incorporan y difunden las innovaciones tecnológicas en los mercados mundiales (Cantwell, 1997).

* Doctor en Política Científica y Tecnológica por el Science and Technology Policy Research de la Universidad de Sussex en Brighton, Gran Bretaña. Actualmente es profesor-investigador en el Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS) del Instituto Politécnico Nacional.

¹ Liquitaya (2004:9) observa que el fenómeno de la globalización se puede definir como “un proceso que subyace en la creciente apertura de los países, que genera una mayor interdependencia e integración económica mundial en lo comercial, financiero, productivo y tecnológico, creando una red de relaciones con dinámica autónoma”.

Las empresas globalizadas han buscado reubicar su producción en aquellas regiones del planeta con los menores costos de fabricación con el objeto de mejorar su competitividad. De ahí que el manejo estratégico de las redes corporativas de diseño, ingeniería, producción e investigación y desarrollo hayan moldeado la estructura de la moderna industria mundial (OCDE, 2006).

Un factor crucial para el desarrollo de la globalización manufacturera es el establecimiento de convenios de colaboración interinstitucionales entre el sector industrial y los llamados Centros Tecnológicos de Investigación y Desarrollo (CTID) (Justman y Teubal, 1995; OCDE, 1999; Nath y Mrinalini, 2002). Las tareas de apoyo que los CTID realizan para el sector productivo comprenden la difusión de estándares industriales, los servicios de consultoría técnica, la capacitación y entrenamiento industrial y la provisión de los servicios analíticos de metrología, calibración y control de calidad (SAMCCC) (UNIDO, 1979; WAITRO, 1999).

En el caso de México, varias de las empresas que operan en el país y que han logrado insertarse exitosamente en la dinámica exportadora, propiciada por la globalización, han recurrido a los CTID nacionales en busca de mejorar sus capacidades productivas y tecnológicas, buscando afianzar su nivel de competitividad internacional (Merritt, 2004).

Bajo esta perspectiva, el propósito de este trabajo es analizar el papel que juegan los CTID nacionales, y en particular los centros de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el éxito exportador de la industria mexicana.

2. Origen de los Centros Tecnológicos de los Centros reinvestigación y Desarrollo (CTID)

Los primeros laboratorios formales de investigación y desarrollo industrial (IyDI) que registra la historia se ubican en la cuenca alemana del río Rin a mediados de la década de 1860 (Beer, 1958; Freeman y Soete, 1997). Una de sus principales actividades era la de analizar los insumos y materias primas utilizados en la producción de tintes y anilinas. Meyer-Thurow (1982) observa que la viabilidad de estos laboratorios dependía en gran medida de la identificación adecuada de los hallazgos realizados durante el proceso de investigación que pudieran ser susceptibles de comercializarse; así como de las técnicas desarrolladas en la misma investigación. Meyer-Thurow pone como ejemplo el caso de la empresa Bayer AG, cuyo laboratorio le sirvió a ésta para forjarse una sólida plataforma competitiva mediante la política de patentar la totalidad de los hallazgos realizados en el transcurso de la investigación (p. 372).

Con el paso del tiempo, otras empresas siguieron el ejemplo de los fabricantes alemanes de anilinas: por ejemplo, el primer laboratorio corporativo de IyDI en los Estados Unidos fue instalado por una empresa ferroviaria en 1876, según señala Hounshell (1996). Al observar esta tendencia es posible afirmar, junto con Freeman y Soete (1997), que la aparición de los primeros laboratorios dedicados enteramente a la realización de IyDI marcan de manera definitiva el inicio de la institucionalización de la investigación en la producción manufacturera mundial.

2.1. Desarrollo institucional de los primeros laboratorios industriales

Hacia finales del siglo XIX, el mundo experimentó una sucesión de inventos y descubrimientos científicos que dieron lugar al surgimiento de nuevas industrias. Como resultado, la producción mundial de manufacturas experimentó gran dinamismo, especialmente a partir de 1880 (Landes, 1969). Aunque este fenómeno se pudo apreciar de primera mano en la fabricación de anilinas, el nacimiento del telégrafo, primero, y del teléfono, después, fijaron en conjunto el inicio de la aplicación sistemática del conocimiento científico a la producción industrial. Sin embargo, los cambios no dejaron de sucederse, pues a estas tres industrias pronto se les sumaron la recién nacida industria eléctrica, la de los alimentos procesados y la automotriz.

El proceso de institucionalización de la IyDI afectó claramente la estructura organizacional de las empresas manufactureras. Por ejemplo, Reich (1985) señala que la avalancha de innovaciones producidas por los incesantes descubrimientos de fines del siglo XIX se reflejó en la estructura organizacional de los propios laboratorios corporativos de investigación industrial.

Por su parte Mowery y Rosenberg, ven en la progresiva complejidad de la producción industrial, especialmente en productos farmacéuticos y en conservas alimenticias, el resultado de la aparición de estrictas regulaciones médicas y sanitarias, lo que derivó en la introducción y posterior fijación de los primeros estándares de calidad industriales. Las nuevas regulaciones forzaron a la industria manufacturera a implantar mejoras en el análisis de los insumos utilizados en la producción; provocando el rápido avance de las técnicas de medición en laboratorio. El efecto final fue la profesionalización del personal adscrito en esos laboratorios, naciendo así la preparación formal de estudiantes de química, física e ingeniería en universidades e institutos de educación para que laboraran en las empresas que hacían IyDI (Mowery y Rosenberg, 1989:57).

2.2. Aparición de laboratorios de IyDI independientes

Como resultado del rápido desarrollo de la investigación industrial no tardaron en aparecer firmas especializadas en la ejecución de IyDI “por encargo.” Este tipo de compañías buscaban la oportunidad de hacer negocios a través de la realización de actividades de IyDI por contrato para aquellas empresas que carecieran de los recursos y de las facilidades técnicas necesarias para realizar por sí mismas dichas tareas (Mowery, 1983). Entre las primeras firmas independientes de IyDI que aparecieron estaban la consultoría Arthur D. Little, el Battelle Institute y el Mellon Institute, de los cuales el segundo aún sigue prestando servicios de investigación y desarrollo.

Por otra parte, los laboratorios independientes fueron vistos en su momento como la solución ideal a la crónica debilidad que manifestaban las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) para la ejecución de tareas de investigación. Sin embargo, debido a las limitaciones que las PyMEs de entonces tenían para llevar a cabo sus proyectos de IyDI, los institutos independientes al parecer tampoco mostraron mucho interés en asistirlos (Baldwin, 1962). Pero fue tan fuerte el auge que tuvieron estos negocios en la primera mitad del siglo XX —sobre todo en los Estados Unidos— que incluso George Stigler llegó a pronosticar que conforme la investigación industrial progresase, ésta sería realizada como una actividad secundaria por las propias empresas, por lo que era de esperarse una rápida expansión de los laboratorios de IyDI especializados e independientes; subrayando que éstos no tendrían porque ser de menor calidad que los laboratorios internos de las propias empresas, porque:

si la ejecución de IyDI —al igual que el transporte de carga sobre rieles— es más eficiente en escalas considerables, entonces tendrán que surgir firmas muy grandes que desempeñen este trabajo de manera más eficiente (Stigler, 1956:282).

Sin embargo, la historia nos dice que los pronósticos de Stigler nunca se cumplieron. Una de las causas por las que los laboratorios independientes no siguieron creciendo en magnitud e importancia se debió a que la mayoría de las empresas manufactureras prefirió realizar la IyDI de manera interna que subcontratarla externamente. En este respecto, Mowery y Rosenberg argumentan que la efectividad de los laboratorios independientes de IyDI es afectada por: a) la naturaleza altamente incierta de la propia investigación, b) las múltiples imperfecciones en la forma de apropiarse el conocimiento generado y c) en la estrechez del mer-

cado por servicios de IyD especializados (Mowery y Rosenberg, 1989:82).

Es debido al persistente efecto de estos factores que hoy en día los institutos independientes sólo tienden a ofrecer trabajos de IyDI muy genéricos, aplicables a un rango muy amplio de empresas e industrias, pero sin llegar a hacer uso de los conocimientos tecnológicos acumulados por las firmas clientes. Por estas razones, sus trabajos tienden a enfocarse en aspectos muy específicos —y generalmente aislados— de las operaciones de la compañía contratante.

Por otra parte, la evidencia empírica también señala que los laboratorios independientes tienden a seguir un ciclo de vida inverso al de la industria a la que sirven. Es decir, conforme las empresas manufactureras acumulan capacidades internas de IyDI es natural que tiendan a depender cada vez menos de los servicios prestados por los centros independientes; como lo ilustran Kojima y Okada (1997) para el caso de la industria siderúrgica de Japón. Aún así, muchas empresas han encontrado de suma utilidad los servicios prestados por los laboratorios independientes, quienes junto con los centros públicos de investigación y desarrollo han tenido un impacto decisivo en la innovación industrial; como se explica a continuación.

2.3. Cambios en la industria mundial y la evolución de los centros tecnológicos

El inicio del siglo XX atestiguó severos conflictos políticos y económicos entre varias naciones europeas que desembocaron en la primera guerra mundial. A raíz de este conflicto, los patrones tradicionales del comercio internacional sufrieron grandes cambios que se reflejaron en la incorporación de nuevas regiones a las nacientes redes mundiales del intercambio comercial. Pero la pelea fue cruenta y relativamente larga, por lo que los vencedores terminaron sumamente dañados y muchos de los conflictos originales quedaron sin resolver, lo que terminó por llevar a los países involucrados a una nueva guerra por la disputa de esos mercados (Landes, 1969).

La segunda guerra mundial se inició en Europa central, pero el conflicto pronto se extendió al resto del mundo, demostrando el alcance global de la crisis que le dio origen. Sin embargo, nunca como hasta entonces la magnitud de las pugnas y la escala de las operaciones hicieron posible que la ciencia y la tecnología jugaran un rol crítico en el arsenal de los contendientes. El radar, el avión a reacción, las aleaciones especiales, las computadoras y la energía nuclear surgieron del avance científico alcanzado en esa guerra (Freeman y Soete, 1997).

La tecnología obtenida del conflicto fue muy rentable, situación que motivó al gobierno de Estados

Unidos a financiar con recursos públicos el gasto en investigación y desarrollo como una vía para acelerar su evolución tecnológica. En cierta forma, la lógica para impulsar el avance del conocimiento científico con fondos federales se basó en los excelentes resultados obtenidos a través de la interacción entre el sector público y el privado durante la guerra (Brooks, 1986).

De acuerdo con Dupree (1957), este financiamiento marcó el inicio de la intervención del Estado en los asuntos de ciencia y tecnología; inaugurándose así la instrumentación de políticas públicas para el fomento del desarrollo tecnológico e industrial. No es de extrañar, pues, que uno de los primeros resultados de estas políticas fuera la creación de los modernos Centros Públicos de Investigación Científica y Tecnológica (OCDE, 1989; Mowery, 1995).

En cierto sentido, la creación de centros públicos de investigación partía de la idea de buscar repetir el éxito de los laboratorios de IyDI sin sufrir las restricciones financieras propias del sector privado. Si bien este argumento era más pragmático que teórico, fue muy socorrido desde el inicio por algunos políticos para justificar su intervención en los asuntos científicos.² Pero no fue sino hasta 1962 cuando el economista estadounidense Kenneth Arrow formalizó esta tesis.

De acuerdo con Arrow, la incertidumbre (que es propia de la actividad científica), junto con las dificultades para apropiarse los resultados de la investigación y las indivisibilidades del propio proceso hacen que las empresas insertas en un mercado competitivo no tengan incentivos para invertir recursos financieros en cantidades suficientes para apoyar la ejecución de actividades de IyDI (Arrow, 1962:610). Con el paso del tiempo, el fenómeno descrito por Arrow se conoció como “la falla de mercado,” y ha servido como justificación teórica para la intervención del gobierno en el campo de la ciencia y la tecnología.

2.3.1. Aparición de los CTID en México

El vigor con el que los países más industrializados implementaron sus políticas en ciencia y tecnología entre 1950 y 1960, influyó a otros países para que éstos también decidieran apoyar la creación de centros públicos de IyDI. Aunque esta influencia fue importante, la aparición de

² Uno de esos funcionarios era Vannevar Bush, quien en 1945 le sugirió al entonces presidente Roosevelt que el gobierno de Estados Unidos debía financiar la investigación básica con fondos públicos con objeto de acelerar la generación de conocimientos científicos que después pudieran ser aplicados en productos comerciales. A este esquema de política científica se le ha dado el nombre de “El Modelo Lineal de Innovación”, (Stokes, 1997).

muchos CTID se debió igualmente a la creciente presión que la UNESCO ejercía sobre los países en desarrollo en favor de la introducción de políticas dirigidas hacia la industrialización y el desarrollo tecnológico (Cooper, 1974). Para el caso de México, la UNESCO sugirió la creación de centros especializados con objeto de reforzar el desarrollo tecnológico del país (Crane, 1977). Sin embargo, no es sino hasta 1976 que surgen los primeros CTID en el país, como resultado de la coordinación entre el recién fundado Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la UNAM y varios gobiernos estatales. Como el objetivo de estos centros era soportar el desarrollo tecnológico regional, todos ellos fueron financiados por el erario con la meta de ubicarlos fuera de la Ciudad de México (Gillette, 1973).

El resultado de estas circunstancias y la trayectoria evolutiva seguida por los primeros CTID mexicanos fue muy cercana al esquema de los centros de investigación universitarios. De ahí que muchos de los CTID del país aún conserven una fuerte tendencia hacia la realización de investigación básica, en contraposición al perfil industrial que es propio de los laboratorios de IyDI (Merritt, 2004). Sin embargo, la crisis sufrida por muchos países del mundo, en los años ochenta, —México incluido— puso en el centro del debate la racionalidad para el financiamiento público de los CTID, cuyo análisis es abordado enseguida.

3. Operación y financiamiento de los ctid

3.1. Desempeño operativo de los CTID

La intención de los organismos internacionales al promover la creación de centros públicos de investigación era estimular la industrialización y el crecimiento económico de los países subdesarrollados. Sin embargo, estas iniciativas eran bastante optimistas en la visión del problema que intentaban solucionar, pues daban por descontado la existencia local de los recursos técnicos y financieros necesarios para arrancar las operaciones de los CTID. Esto sin mencionar que las evaluaciones iniciales también hicieron una medición muy superficial de las capacidades tecnológicas en la industria doméstica de los países involucrados; se partía de la hipótesis de que era posible transferir la tecnología de los CTID prácticamente sin necesidad de realizar ninguna inversión en el aprendizaje de las empresas locales (Bell, 1994).

En la práctica, estas falsas estimaciones resultaron fatales para el desempeño tecnológico y financiero de los CTID, su vinculación con el sector productivo nunca se acercó a las metas planeadas (Najmabadi y Lall, 1995; Goldman y Ergas, 1997); dando como resultado que su viabilidad profesional y operativa comenzó a ser

severamente cuestionada. Además, conforme la crisis económica mundial de fines de los años ochenta crecía, los cuestionamientos empezaron a ser cada vez más recurrentes (OCDE, 1989; Crow y Bozeman, 1997).

A raíz del decepcionante desempeño de los CTID (especialmente en los países en desarrollo), la racionalidad de los subsidios gubernamentales también fue puesta en tela de juicio. Pero aún y cuando el problema de la débil vinculación de los CTID con la industria es de carácter tecnológico, algunos analistas señalan que el origen del problema radica básicamente en la forma en la que son financiados puesto que los fondos gubernamentales —se argumenta— tienden a frenarlos en la búsqueda de mayores ingresos vía ventas directas al sector privado industrial (Toren y Galai, 1978; Goldman y Ergas, 1997; Banco Mundial, 1998; Katrak, 1998).

3.2. Financiamiento y vinculación de los CTID: estructura y condicionantes

En términos de la controversia sobre el papel que juega el financiamiento público a los CTID, la evidencia empírica muestra que la mayoría de los CTID enfrentan, en efecto, un grave problema de desvinculación con el sector productivo; sin embargo, la causa de esta separación no parece estar en el financiamiento gubernamental, sino en las deficiencias estructurales que presentan la mayoría de las empresas industriales, especialmente en los países subdesarrollados.³

En torno al problema de la desvinculación existen varias explicaciones alternativas. Por una parte está el escaso nivel de desarrollo tecnológico de muchas empresas. El cual es aún más serio en el caso de las PyMEs, porque representan la mayor parte de la masa empresarial, y porque adolecen de los mecanismos corporativos adecuados para facilitar la vinculación.

Por otra parte, están las exigencias tecnológicas inherentes a cada sector industrial. Por ejemplo, las necesidades tecnológicas y productivas de las empresas insertas en el sector químico son totalmente distintas al de las empresas que operan en el sector textil. El problema está en que la misión institucional asignada a los CTID les obligan (en la mayoría de los casos) a atender a cualquier tipo de empresa, independientemente del sector industrial de origen o del tamaño de ésta; lo cual contradice la vocación expresamente sectorial de los CTID, y por ende afecta negativamente el desempeño de los centros (Merritt, 2004).

Finalmente, está la influencia ejercida por el grado de desarrollo industrial de cada país. De acuerdo con Toren y Galai (1978) y Kojima y Okada (1997), los CTID evolucionan de acuerdo con el ciclo de desarrollo de la industria

a la que sirven. En particular, Kojima y Okada proponen que la tecnología y el desarrollo industrial siguen una curva logística, comprende cuatro fases: 1) infancia, 2) crecimiento, 3) madurez y 4) declinación. En consecuencia, la efectividad de los CTID tiende a comportarse también de acuerdo con esa curva en forma de S.

No obstante estos factores, la justificación para el subsidio gubernamental va más allá del argumento de la falla de mercado propuesto por Arrow. Por ejemplo, varios estudios observan que los CTID juegan un rol esencial en el desarrollo tecnológico e industrial en los países en los que operan: Justman y Teubal (1995) opinan que los CTID aportan la infraestructura tecnológica básica que la industria requiere para ser competitiva; Huster (1997) y Webster (1994) dicen que los CTID son agentes confiables para la colaboración en IyDI debido a la neutralidad con la que naturalmente operan, gracias a su carácter público; mientras que para Crow y Bozeman (1997) los CTID son instrumentos muy valiosos para la aplicación de las políticas tecnológicas de un país.

En vista de los efectos que estos factores tienen sobre la operación de los CTID, la reducción del financiamiento gubernamental, o en casos más extremos, la privatización, puede debilitar la viabilidad operativa de los CTID dado los altos costos fijos con los que operan; eso sin mencionar el efecto que tendrían dichas acciones en el papel que juegan los centros públicos de investigación en el Sistema Nacional de Innovación, como se verá a continuación.

3.3. Los CTID y el Sistema Nacional de Innovación

Debido al apoyo infraestructural que presta al sector productivo, los CTID son ampliamente reconocidos como pilares de los sistemas de innovación. La labor de soporte que realizan estos organismos se da mediante la transferencia a la industria de los resultados de la investigación tecnológica que los propios CTID hacen. Esta transferencia se produce básicamente a través de la colaboración entre los CTID y los laboratorios de IyDI del sector privado. También se realiza vía la provisión de información especializada, la prestación de servicios analíticos, la realización de trabajos de consultoría y gestión tecnológica y mediante el entrenamiento del personal que labora en la industria (UNIDO, 1979; Justman y Teubal, 1995; Nath y Mrinalini, 2002).

³ Las causas del bajo nivel de vinculación entre los centros públicos de investigación y el sector productivo es un debate que tiene un alcance mundial. Para la OCDE y el Banco Mundial, la solución al problema consiste en disminuir los subsidios que reciben los centros, o incluso buscar la privatización. Con estas medidas —se argumenta— disminuirían los déficit fiscales en que incurrirían los gobiernos al financiar a los CTID, además de que aumentaría el nivel de vinculación con el sector productivo (véase OCDE, 1989, p. 26; Banco Mundial, 1997, p. 25).

Sin embargo, su valiosa labor como proveedores de información técnica especializada, los CTID no siempre son la fuente más importante de información externa a la que recurren las empresas al momento de intentar realizar una innovación. Esto se debe a que las empresas tienden a recurrir primero a sus clientes y consumidores para recabar los detalles más inmediatos que son de importancia para la producción; después acuden a sus proveedores y contratistas para valorar todas las cuestiones relativas a la innovación industrial (Merritt, 2004).

Los CTID nacionales también han sido reconocidos como pilares del sistema mexicano de innovación (Ramírez y Unger, 1997; Casalet, 2000). Sin embargo, las empresas del país hacen todavía un uso muy limitado de ellos. De acuerdo con los datos reportados por la Segunda Encuesta Nacional de Innovación que levantó el CONACYT entre 1999 y 2000, 61% de las firmas localizadas en México recurrió a sus clientes para realizar innovaciones, mientras que sólo 5% acudió a un CTID para intentar lo mismo.

El bajo nivel de uso de los CTID explica porqué cinco de cada seis empresas innovadoras en México tendieron a desarrollar sus productos por cuenta propia (CONACYT, 2003, p. 175). En este contexto, el siguiente cuadro muestra el porcentaje de empresas encuestadas que hacen uso altamente significativo de los CTID en el país.

Aunque los datos del cuadro 1 no son halagüeños, los porcentajes de utilización de los CTID por parte de la industria mexicana son similares a los de otros países.⁴ Aún así, Arundel y Geuna señalan que los CTID europeos son muy estimados por las empresas que han entablado convenios de colaboración con ellos (a pesar de ser poco utilizados), debido a la excelente calidad de los servicios tecnológicos que prestan (Arundel y Geuna, 2001, p. 28).

De cierta manera, estos resultados también son relevantes para el caso mexicano, en donde los CTID adscritos al sistema CONACYT han jugado desde el inicio un papel muy importante para el desarrollo tecnológico

Cuadro 1
Fuentes de información externas más utilizadas por las empresas innovadoras en México

Tipo de Fuente	% de Empresas
Clientes	61
Ferias y exposiciones industriales	46
Proveedores de equipo, materiales y componentes	44
Empresas de la competencia	36
Redes computarizadas de información	27
Otras empresas del mismo grupo	22
Conferencias, seminarios y revistas especializadas	19
Otras empresas nacionales	16
Empresas de consultoría extranjera	13
Otras empresas extranjeras	13
Empresas de consultoría nacional	12
Patentes	10
Universidades u otros Institutos de Educación Superior	10
Centros de Investigación Tecnológica, públicos o privados no-lucrativos	5

Notas: Los porcentajes indican el total de empresas que consideró a cada fuente como muy importante para la realización de innovaciones. El número total de empresas encuestadas fue 1,610, de las cuales sólo 28.4% (457) fueron innovadoras.

Fuente: CONACYT (2003), Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, 2003, p. 190.

⁴ Una encuesta reciente, realizada en la Unión Europea coincide en señalar que la mayoría de las empresas de ese continente hacen uso muy limitado de los CTID europeos (ver European Communities, 2001, pp. 67-69).

e industrial del país (OCDE, 1994), razón por la cual la siguiente sección está dedicada a abordar este tema con mayor detalle.

3.4. El sistema de centros de investigación del CONACYT

La historia de la investigación formal en México comienza en 1929, cuando la UNAM establece sus primeros institutos de investigación. Veinticinco años después, se crea la figura de personal académico de tiempo completo en la UNAM, lo que sirvió de base para formalizar las tareas de investigación. En 1961 se instituye el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN. En el periodo de 1967-1972 se crearon además el Instituto de Investigaciones en Materiales; el Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas; el de Instrumentos, y el de Información Científica y Humanística, entre otros (CONACYT, 2001).

Posteriormente en 1973, el gobierno arrancó la descentralización de la investigación científica nacional mediante la instauración de centros regionales. Sin embargo, el proceso nunca se consolidó, pues sufrió cambios frecuentes de orientación derivados de los vaivenes propios de cada sexenio (Wionczek y Márquez, 1993). Esto generó que, después de varios intentos infructuosos por insertar a los CTID en el contexto del desarrollo industrial regional, el gobierno finalmente agrupará a todos los centros de investigación bajo una sola entidad (OCDE, 1994). Este proceso concluyó en 1992, al nacer el Sistema SEP-CONACYT de centros públicos de investigación. Debido a que la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) desapareció, esos centros se integraron a la Secretaría de Educación Pública (SEP), creándose así el subsector de ciencia y tecnología a cargo del CONACYT en marzo de 1992 (CONACYT, 1998).

Actualmente, estos institutos realizan investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico en las siguientes disciplinas: tecnología de alimentos, nutrición, acuicultura, biotecnología, bioquímica, ecología, control ambiental, óptica, biología de especies, manejo costero y recursos marinos, oceanografía, ingeniería y organización de sistemas, tecnologías de la información, computación, electrónica, nanotecnología, metrología y procesos de biotecnología agroindustrial, entre otras. A la fecha,

esta red está conformada por 27 centros divididos en tres áreas: a) Centros Científicos (diez); b) Centros Sociales (ocho); y c) Centros Tecnológicos (siete) y de Servicios (dos).

De aquí en adelante la discusión y análisis de la evidencia empírica en torno al impacto de los CTID en el desarrollo tecnológico e industrial de las empresas situadas en México se centrará únicamente en torno a los siete centros CONACYT del llamado subsistema tecnológico.

4. Los CTID del sistema CONACYT

4.1. Los Siete CTID del Sistema CONACYT

Los siete centros que integran el llamado subsector de “desarrollo tecnológico” del Sistema CONACYT son el Centro de Asistencia Técnica en Cuero y Calzado, A.C. (CIATEC) de León, Guanajuato; El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ) de Guadalajara, Jalisco; El Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ), de Querétaro, Querétaro; El Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), de Querétaro, Querétaro; El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. (CIDETEQU), de Querétaro, Querétaro; El Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), de Saltillo, Coahuila, y la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (COMIMSA) de Saltillo, Coahuila.

Los datos de cada centro y sus especialidades se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2
Los Centros Tecnológicos de Investigación del Sistema CONACYT

Centro	Especialidad	Ubicación	Personal
CIATEC	Cuero, Calzado y Polímeros	León	124
CIATEJ	Agroalimentos y Biotecnología	Guadalajara	136
CIATEQ	Metal-mecánica y Turbomaquinaria	Querétaro	268
CIDESI	Metal-mecánica y Metrología	Querétaro	209
CIDETEQU	Electroquímica y Tratamiento de Aguas	Querétaro	77
CIQA	Agroplásticos y Polímeros	Saltillo	181
COMIMSA	Metalurgia y Construcción	Saltillo	210

4.2. Los CTID del CONACYT y el sistema mexicano de innovación

De acuerdo con el CONACYT, el sistema mexicano de innovación tiene como misión “fomentar el desarrollo científico y tecnológico del país, apoyando la investigación científica de calidad, al estimular la vinculación academia-empresa y la innovación tecnológica en las

empresas, e impulsando la formación de recursos humanos de alto nivel” (CONACYT, 2001:66).

Como parte fundamental del sistema nacional de innovación, los siete CTID comparten esta misión, particularmente en torno a la promoción de la innovación tecnológica en la industria del país (CONACYT, 1998). Sin embargo, las misiones que se les han impuesto a los CTID del Sistema CONACYT no establecen de manera clara y definida el alcance y las limitaciones de sus responsabilidades institucionales.⁵ Este problema surge de la amplitud de los objetivos institucionales y de la generalidad con la que han sido expresadas las metas operativas de los CTID a lo largo de toda su vida institucional, desde su fundación hasta la fecha (Merritt, 2004).

Con objeto de visualizar los alcances que una organización basada en la tecnología debe tener con respecto a la innovación industrial, la definición propuesta por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) puede ser de gran ayuda. De acuerdo con la OCDE, la innovación tecnológica es el proceso mediante el cual se introducen nuevas tecnologías en la economía. Este proceso comprende el reconocimiento de nuevas posibilidades productivas, la organización de los recursos humanos y financieros necesarios para transformar ideas atractivas e innovadoras en productos o procesos útiles y ventajosos, así como del desarrollo e implementación de todas las actividades requeridas para tal fin (OCDE, 2004).

Uno de los objetivos de la promoción de la innovación tecnológica, según la OCDE, es la introducción de nuevas tecnologías; es sensato pensar que los CTID pueden (y deben) jugar un rol crucial en este punto. De ahí que la misión de un CTID debe darle particular importancia a la transferencia eficiente de tecnologías modernas al sector productivo, así como a la provisión adecuada de la información técnica necesaria para tal fin (OCDE, 2000).

Entonces para que un CTID pueda cumplir eficazmente con la misión de promover la innovación tecnológica es necesario que cuente con una infraestructura afín, además de tener recursos humanos altamente calificados en cantidad apropiada. De lo anterior se desprende que un CTID re-

quiere forzosamente de fuentes de financiamiento estables y suficientes (Sanz y Cruz, 2003).

Sin embargo, la disponibilidad de recursos humanos y financieros es función en la práctica del tipo de régimen administrativo que el CTID tenga. Por ejemplo, los laboratorios de IyDI de las grandes empresas transnacionales son famosos por los gigantescos recursos financieros que tienen a su disposición (véase Buder, 2000 y el cuadro 3, abajo); mientras que la mayoría de los centros públicos de investigación de los países subdesarrollados difícilmente cuentan con los recursos adecuados (UNIDO, 1979; Lee y Rubenstein, 1980; WAITRO, 1999).

Uno de los principales roles que juegan los CTID en el sistema de innovación es el de proveedores de infraestructura tecnológica, el tema de la disponibilidad de recursos y su efecto en el desempeño de los CTID es analizado con más detalle en la siguiente sección.

4.3. Papel de la infraestructura en el desempeño de los CTID

De acuerdo con la Agencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, uno de los problemas más graves que enfrentan los CTID públicos es la dificultad para atraer y conservar personal científico altamente calificado debido a que los salarios ofrecidos generalmente no son competitivos. Este problema es más severo para aquellos países con una escasez crónica de científicos e ingenieros (UNIDO, 1979; Alam y Langrish, 1984; Gupta, et. al., 2000).

No obstante, la gravedad de estas condiciones, no siempre es sencillo contar con información adecuada para evaluar la magnitud del problema, especialmente en términos comparativos. Una forma de saberlo es midiendo los costos operativos del centro tecnológico vía el gasto total por empleado. Aunque imperfecto, este dato puede servir para evaluar la dificultad que tienen los CTID para atraer y conservar un acervo adecuado de personal científico.⁶

Para tener una idea más cercana de esta situación, el cuadro siguiente proporciona un muestreo comparativo de 22 centros seleccionados, incluyendo los siete CTID del Sistema CONACYT. En este cuadro se pueden visualizar varios datos de interés tales como el año de creación de cada centro, el país de ubicación, el tipo de régimen administrativo que posee (i.e., privado, gubernamental, o no-lucrativo), el tamaño del centro medido a través del número de empleados, el presupuesto total en millones de dólares de Estados Unidos y el presupuesto total por empleado. La información fue recolectada de distintas fuentes y corresponde en su mayoría al año de 1998. Los datos están ordenados de manera decreciente en función del monto total del presupuesto asignado por empleado en cada centro.

⁵ Christopher Bart observa que el objetivo de establecer una misión institucional, especialmente para una organización orientada a la tecnología, es el de fijar los propósitos centrales de la institución, así como la de definir sus actividades principales. Por lo tanto, una misión institucional clara y bien definida es crucial para el buen desempeño de la propia organización (Bart, 1996, p. 210).

⁶ La Agencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) advierte que los gastos operativos por trabajador no deben ser interpretados como el salario promedio, sino como una aproximación a los costos laborales, de tal modo que este indicador puede servir de referencia para medir el grado de dificultad encarado por un CTID al momento de competir con la industria en la búsqueda de personal calificado (véase UNIDO, 1979, pp. 34-35).

Cuadro 3
Datos comparativos de 22 centros tecnológicos seleccionados

Centro Tecnológico	Año de Fundación	País de Ubicación	Tipo de Administración	No. de Empleados (A)	Presupuesto Total (B)	Presupuesto por Empleado (B/A)
HP _/1	1966	EU	Privado	800	278.0	347.5
Lucent _/1	1925	EU	Privado	1,200	310.0	258.3
Microsoft _/1	1991	EU	Privado	500	100.0	200.0
XEROX _/1	1962	EU	Privado	1,320	250.0	189.4
IBM _/1	1956	EU	Privado	2,950	550.0	186.4
GE _/1	1900	EU	Privado	1,130	190.0	168.1
NEC _/1	1939	Japón	Privado	1,850	290.0	156.8
INTEL _/1	1979	EU	Privado	160	25.0	156.3
Siemens _/1	1914	Alemania	Privado	2,100	306.0	145.7
Brookhaven _/2	1947	EU	Gubernamental	3,200	434.0	135.6
Argonne _/2	1947	EU	Gubernamental	4,500	470.0	104.4
Battelle _/3	1925	EU	No Lucrativo	7,250	708.5	97.7
COMIMSA _/4	1975	México	Gubernamental	700	67.3	96.1
ITRI _/5	1973	Taiwán	No Lucrativo	6,073	521.4	85.9
TNO _/6	1932	Holanda	No Lucrativo	4,213	344.5	81.8
Fraunhofer _/7	1949	Alemania	No Lucrativo	9,007	671.5	74.6
CIDETEQ _/4	1991	México	Gubernamental	53	2.9	54.5
CIATEQ _/4	1978	México	Gubernamental	163	8.0	49.3
CIDESI _/4	1984	México	Gubernamental	129	6.3	48.8
CIATEC _/4	1976	México	Gubernamental	81	3.6	44.9
CIATEJ _/4	1976	México	Gubernamental	115	4.9	42.6
CIQA _/4	1976	México	Gubernamental	132	4.9	36.9

Notas: (A): cifras en personas; (B): cifras en millones de dólares de Estados Unidos; (B/A): cifras en miles de dólares de Estados Unidos. Todos los datos corresponden al año de 1998, excepto para el Argonne NL que son de 1997.

Fuentes: 1: Buderl, 2000; 2: Crow y Bozeman, 1998; 3: Reporte Anual 1999 del Batelle Memorial Institute; 4: CONACYT, 1999; 5: Reporte Anual 1999 del Industrial Technology Research Institute (ITRI) de Taiwán; 6: Reporte Anual 1999 del Consorcio TNO de Holanda; 7: Reporte Anual 1999 de la Fundación Alemana Fraunhofer.

Aun cuando la muestra exhibida en el cuadro anterior es bastante selectiva, no deja de ser ilustrativa de la diversidad existente en el universo de institutos especializados en IyDI. Una de las principales diferencias está en el renglón de los recursos financieros disponibles. Es notoria, por ejemplo, la separación entre los CTID estadounidenses —particularmente los privados— y el resto de los institutos descritos: mientras el laboratorio de la empresa Hewlett Packard maneja un presupuesto por empleado de casi 350 mil dólares, la mayoría de los CTID del Sistema CONACYT no rebasan los cincuenta mil. Es decir, casi un séptimo del presupuesto de los laboratorios corporativos; siendo la única excepción COMIMSA, cuyo presupuesto por empleado en 1998 fue incluso superior al de algunos CTID no lucrativos. Debido a la importancia que los CTID del Sistema CONACYT tienen para el sistema mexicano de innovación, el tema de su desempeño es discutido con mayor detalle a continuación.

4.4. Desempeño de los CTID del sistema CONACYT

El desempeño de un CTID es función de la infraestructura con la que cuenta, la cual a su vez es resultado de la estabilidad de sus fuentes de financiamiento. La mayoría de los estudios disponibles coinciden en señalar que los centros tecnológicos tienden a depender de los fondos fiscales para operar (véase Toren y Galai, 1978; OCDE, 1989; Najmabadi y Lall, 1997; Goldman y Ergas, 1997; Beise y Stahl, 1999; WAITRO, 1999). Empero estos apoyos casi nunca son constantes, ni mucho menos crecientes (Merritt, 2004).

La razón por la que el financiamiento público tiende a ser irregular se debe a la propia dinámica económica, porque los CTID soslayan la dependencia de los subsidios gubernamentales cuando el ciclo de negocios está al alza. Durante una fase expansiva las empresas contratan mayor cantidad de productos y servicios tecnológicos de los CTID conforme sus ventas también están creciendo. No es raro,

por lo tanto, que los CTID muestren un mejor desempeño financiero cuando la economía está creciendo de manera fuerte y sostenida.

Caso contrario, cuando la economía experimenta una recesión. Bajo esta situación la demanda que las empresas hacen por productos y servicios tecnológicos tiende a disminuir, o incluso a desaparecer, con la consecuente caída en el ritmo de trabajo para los CTID. En estas condiciones los CTID no sólo enfrentan problemas en su desempeño financiero con respecto a la baja en la demanda, sino también con respecto a la mengua de los fondos fiscales como resultado de una menor recaudación. En consecuencia, durante una fase recesiva los CTID sufren por partida doble: disminución de los ingresos autogenerados derivados de una menor demanda y fuertes recortes en los subsidios gubernamentales como resultado de la crisis.

Para ilustrar esta situación se pueden analizar los resultados de los Centros CONACYT. En 2003, los 27 centros obtuvieron recursos fiscales por más de 2,800 millones de pesos, mientras que sus ventas ascendieron a sólo 635.2 millones, lo que significó un margen de autosuficiencia financiera de 18.2%. Más aún, CONACYT reporta que las ventas de los 27 centros han mostrado una tendencia decreciente desde el año 2000. De acuerdo con el Consejo, este fenómeno es resultado de la reducción en los servicios proporcionados por los CTID; tiene su origen en la contracción de la actividad económica del país (CONACYT, 2004, p. 155).

Históricamente los principales centros generadores de ingresos han sido INFOTEC (Fondo de Información y Documentación para la Industria) y COMIMSA (Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.), que en conjunto representaron 24.9% del total

de los ingresos del Sistema CONACYT en 2003. Estas dos instituciones se mantienen en la actualidad como entidades autónomas respecto al presupuesto público, ya que 100% de su presupuesto se constituyó con recursos propios (CONACYT, 2004, p. 156).

El cuadro 4 muestra el comportamiento de los recursos financieros dirigidos a los 27 centros (fondos públicos e ingresos propios), de acuerdo con los datos proporcionados por CONACYT.

Como se puede observar en este cuadro, los márgenes de autosuficiencia financiera del Sistema CONACYT han venido cayendo desde el año 2000, cuando se alcanzó un máximo histórico de 36.2%. Estos márgenes son importantes porque indican los niveles de sustentabilidad financiera con los que operan los CTID (Merritt, 2004).

De acuerdo con un estudio de la Asociación Mundial de Organismos de Investigación Industrial y Tecnológica (WAITRO), el tema del financiamiento juega un rol crítico en la orientación de los CTID. De tal forma que aquellos CTID que reciben más de la mitad de sus ingresos directamente del sector industrial tienden a estar “orientados hacia la industria.” En cierta forma estos CTID realizan tareas que son apreciadas y respetadas por las empresas, y éstas pelearán por la continuación de aquellos. Sin embargo, WAITRO argumenta que todos los CTID que reciben más de la mitad de sus ingresos del gobierno —sin que existan mecanismos por los cuales el sector productivo pueda influir en el trabajo realizado por ellos— generalmente son ignorados por los usuarios industriales (WAITRO, 1999, p. 27).

En el caso de los siete centros tecnológicos del CONACYT, el efecto de los ciclos económicos en su desempeño financiero ha sido evidente desde su fundación, pero fue particularmente notorio durante la crisis que sacudió al

Cuadro 4
Relación de fondos públicos a ingresos propios en los centros CONACYT: 1997-2003

Año	Fondos públicos	Ingresos propios	% de autosuficiencia
1997	1,154.3	426	26.9
1998	1,387.9	547.1	28.3
1999	1,714.9	925.0	35.0
2000	2,304.1	1,307.1	36.2
2001	2,652.1	1,160.7	30.4
2002	2,449.2	825.0	25.2
2003	2,850.3	635.2	18.2

Notas: Las cifras están en millones de pesos corrientes. Los ingresos propios corresponden a los recursos obtenidos por los 27 centros a través de la venta de bienes y servicios. El porcentaje de autosuficiencia financiera es la relación entre ingresos propios a la suma total de los recursos obtenidos (recursos fiscales + ingresos propios).

Fuente: CONACYT, *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología*, varios años.

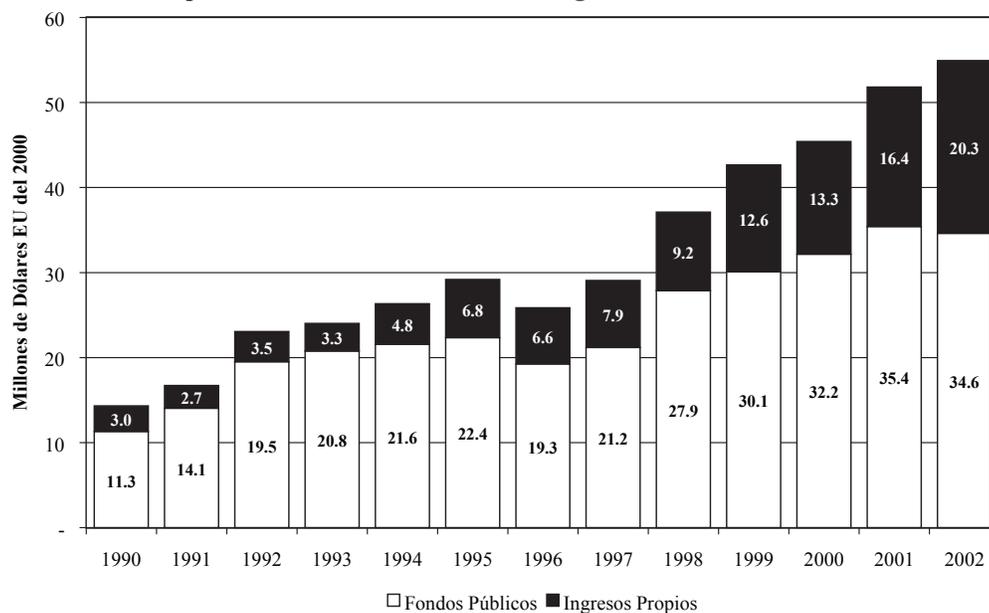
país a mediados de los noventa, pues el presupuesto de los CTID (ingresos propios más recursos fiscales) cayó en 1996 después de haber crecido de manera sostenida de 1990 a 1995, para recuperarse a partir de 1997.⁷ Para tener una mejor idea de este comportamiento, la gráfica siguiente muestra el presupuesto compuesto (total) de seis centros del Sistema CONACYT durante el periodo 1990-2002 en millones de dólares del 2000.

Un punto a destacar en la gráfica anterior es el relativo al comportamiento de los subsidios gubernamentales. Mientras que los ingresos autogenerados de los siete centros crecieron a una tasa media anual de 48%, los subsidios

gubernamentales lo hicieron a un ritmo menor (16.5%), mostrando incluso dos caídas: una en 1995-96 y otra en 2001-02 (ver figura 1).

A pesar de que la economía mexicana continúa registrando un comportamiento variable desde 1995, las causas del notable crecimiento en los ingresos autogenerados de los CTID del Sistema CONACYT al parecer se relacionan con el cambio en el patrón de vinculación con el sector privado, especialmente a partir de 1994, que fue cuando entró en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Aparentemente la entrada en vigor del TLCAN favoreció una mayor vinculación de los centros tecnológicos mexicanos con la

Gráfica 1
Presupuesto total de seis centros tecnológicos CONACYT: 1990-2002



industria nacional; y en particular con el sector de empresas metal-mecánicas, como se verá más adelante.

5. La vinculación industria-CTID en México

5.1. Determinantes de la vinculación CTID-Industria

Los ingresos de los CTID por la venta de bienes y servicios tecnológicos, aparte de estar influenciados por el comportamiento del ciclo económico, también están directamente determinados por el nivel de capacidades tecnológicas en la industria manufacturera. De acuerdo con David Mowery (1983), las posibilidades que tiene un CTID de establecer vínculos profesionales con el sector productivo están en función de dos factores:

1) el grado en el cual la especialización de los CTID en distintos tipos de IyDI se traduce en costos decrecientes por unidad del producto de la investigación; y

2) el grado de interdependencia entre las distintas actividades de investigación y las actividades de producción dentro de la empresa contratante.

De acuerdo con este enfoque, la probabilidad de que un CTID firme contratos de IyDI con la industria crece con respecto a su propia eficiencia operativa (i.e., depende de la posibilidad de explotar economías de escala), pero también crece en función de las capacidades tecnológicas de las propias empresas (i.e., depende del grado de aprendizaje tecnológico alcanzado).

En el caso de México, el tradicional bajo nivel de desarrollo tecnológico e industrial de la mayoría de las empresas del sector manufacturero ha dificultado persistentemente

⁷ Los datos referentes al análisis financiero de los CTID del sistema CONACYT excluye el caso de COMIMSA debido a que este centro dejó de recibir fondos públicos en 1998 (CONACYT, 1999:112).

la acumulación de capacidades tecnológicas nacionales (Najmabadi y Lall, 1995). Como resultado del bajo nivel de capacidades tecnológicas, no es de extrañar que los CTID nacionales hayan tenido una muy baja incidencia en el desarrollo tecnológico de la industria mexicana a la fecha.

Aunque se ha mencionado que los CTID tienen el potencial para brindar un sólido apoyo científico y tecnológico a las empresas interesadas en incrementar su capacidad innovadora, es importante destacar que un número creciente de estudios coinciden en señalar que a partir de la entrada en vigor del TLCAN en 1994, la industria mexicana ha sufrido una transformación en la búsqueda de mejorar su competitividad; dando como resultado un rápido crecimiento de las exportaciones manufactureras hacia esos países (López-Acevedo, 2002; Haar *et al.*, 2004).

Con respecto a los determinantes de la competitividad misma, Domínguez y Brown (2004), reportan cuatro fuentes principales de aprendizaje en la industria manufacturera mexicana: 1) la política de formación de personal, 2) la innovación de mejora continua, 3) los sistemas de información y documentación, y 4) la inversión en nuevas tecnologías. Estos resultados son consistentes con estudios similares que sugieren que una de las principales contribuciones de los CTID al sistema de innovación es mediante el reforzamiento de los procesos de aprendizaje vía la provisión de información técnica especializada (Mowery, 1995; Najmabadi y Lall, 1995).

Debido a que el estudio de los determinantes de la vinculación entre los CTID y el sector productivo nacional es fundamental para definir y comprender el funcionamiento del sistema mexicano de innovación, se investigaron las causas que están detrás de esta vinculación. Los resultados de este análisis se reportan en la siguiente sección.

5.2. Evidencia empírica de la vinculación CTID-sector industrial en México

Como parte de una investigación de doctorado (Merritt, 2004), entre enero y octubre de 2001 se encuestaron 68

empresas localizadas en México que declararon ser clientes de alguno de los siete CTID del Sistema CONACYT (de ahora en adelante, CTID-SC). Los datos más importantes de la encuesta se reportan a continuación.

El 71% de las empresas encuestadas pertenecen al sector manufacturero y 29% restante a los sectores de servicios y comercio. Aprovechando la adaptación que hicieron Dutrenit y Capdevielle (1993) de la taxonomía de Pavitt (1984) para el caso mexicano se pudo clasificar a los clientes de los CTID-SC resultando que 29% es “Dominado por el proveedor” (DP), 35% “Intensivo en escala” (IE), 3% “Basado en la ciencia” (BC) y otro 3% “Proveedor especializado” (PE). El tamaño de los clientes fue medido por el número de empleados, resultando que la mayoría de los clientes son pequeñas firmas (45.6%), seguido de empresas grandes (32.4%) y sólo 22% de los clientes son compañías medianas.⁸

Debido a que las capacidades tecnológicas se inclinan por jugar un rol crucial en la vinculación CTID-industria, la encuesta buscó identificar esta condición entre los clientes de los CTID-SC. En este respecto, se les preguntó a dichos clientes si contaban con algún tipo de facilidad para la realización de actividades de IyDI. Las facilidades consideradas fueron dos: de ingeniería y de investigación. El uso de este tipo de información para medir el grado de capacidades tecnológicas del sector productivo se apoyó en la metodología propuesta por Goldman y Ergas (1997, pp. 7-9). Los resultados de la encuesta indican la existencia de una relación directa entre el tamaño de la empresa y su nivel imputado de capacidades tecnológicas. Es decir, entre más grande la empresa, más completa es su dotación de facilidades técnicas.⁹

El cuadro siguiente muestra el número de empresas que reportaron el tipo de facilidad técnica, desglosado por el tamaño de la compañía.

De acuerdo con el cuadro anterior, poco más de un tercio de las empresas encuestadas dijo no contar con ningún tipo de facilidad técnica, pero casi el mismo número de firmas señaló tener ambos tipos de facilidades técnicas. Este dato demuestra que en el caso particular de los CTID-SC, éstos tienden a tratar mayormente con los dos extremos del espectro de capacidades tecnológicas en las empresas manufactureras, lo cual incide en la efectividad de su desempeño.¹⁰

Por otra parte, una de cada cuatro empresas encuestadas aclaró contar solamente con un departamento de ingeniería, mientras que 10.3% restante dijo que solamente tenía un área de investigación. Esta distribución permite reforzar la hipótesis de que el grado de desarrollo de las competencias tecnológicas de los clientes de los CTID-SC guarda una estrecha relación con el tipo de facilidad técnica disponible, más aún si se observa que existe una

⁸ Se utilizó la siguiente escala para clasificar el tamaño de los clientes de los CTID: empresa pequeña, de 1 a 99 empleados; empresa mediana, de 100 a 250; y empresa grande, más de 250 empleados.

⁹ La hipótesis nula fue establecida como: <H0> “el tamaño de la empresa no tiene relación con la existencia de un departamento de investigación y/o de ingeniería,” en ambos casos la Chi cuadrada de Pearson resultó significativa al nivel del 5% (6.98 y 10.1 con 2 grados de libertad respectivamente), permitiendo así rechazar la hipótesis nula H0.

¹⁰ Como se señaló antes, la dispersión de las capacidades tecnológicas de los clientes de los CTID tiende a afectar la eficiencia de estos en el servicio proporcionado a la industria, limitando así sus posibilidades de explotar cualquier tipo de economías de escala en la operación.

Cuadro 5
Porcentaje de empresas con facilidades técnicas, por tamaño de empresas

Tipo de Facilidad Técnica	Tamaño de Empresa			Total (%)
	Pequeña (%)	Mediana (%)	Grande (%)	
Sin Ningún Tipo de Facilidad (n = 24)	66.7	16.7	16.6	100
Solamente de Ingeniería (n = 17)	32	12	24	100
Solamente de Investigación (n = 7)	42.9	57.1	--	100
Ambas Facilidades Técnicas (n = 20)	20	20	60	100

Nota: n es el número de empresas en cada estrato. El total de empresas encuestadas fue 68.

Fuente: Merritt, 2004, p. 190.

asociación estadísticamente significativa entre el tamaño de la firma y el tipo de instalación declarada.¹¹

En este sentido, uno puede pensar en la hipótesis de que las competencias tecnológicas de los usuarios de los CTID es una función continua y creciente del tipo de instalación técnica disponible, de tal forma que los clientes con facilidades de ingeniería o de investigación revelarían una capacidad tecnológica intermedia, mientras que en los extremos de dicho continuo de capacidades tecnológicas estarían los otros dos tipos de usuarios.¹²

En vista de que esta hipótesis resulta crucial para el análisis y la valoración de la utilidad global de los CTID-SC, se procedió a evaluar el grado de utilidad de los CTID-SC en función del tipo de instalación existente entre los usuarios.¹³ Los resultados señalan que los CTID-SC son considerados por la mayoría de sus clientes como simplemente útiles (un valor promedio de 3.07). Sin embargo, estos valores tendieron a diferir de acuerdo con las capacidades tecnológicas imputadas y el tamaño de la empresa. De tal modo que las empresas que sólo cuentan con un departamento de ingeniería fueron los que mejor calificaron a los CTID-SC (3.35), seguidos por los clientes con departamentos de investigación (3.14). Para las empresas que carecen de facilidades técnicas los CTID-SC son apenas útiles (2.96), que es casi la misma valoración que les dieron las empresas con ambos tipos de facilidades técnicas (2.95).

De acuerdo con estos resultados, los clientes más pequeños, al parecer, optan por valorar más el trabajo de los CTID-SC, excepto cuando tienen ambos tipos de instalaciones técnicas. Aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas, sí permiten corroborar la impresión de que existe un mayor nivel de utilidad de los CTID para las PyMEs, lo que sirve de refuerzo empírico para la mayoría de las iniciativas de política científica y

tecnológica que buscan promover la vinculación entre los CTID y este tipo de compañías (OCDE, 2000).

Por otra parte, el tipo de servicios demandados por la industria también representa un tema importante para el análisis de la vinculación entre los CTID y el sector productivo, especialmente en términos de las ventajas que le ofrece a las empresas sujetas a la globalización. Los SAMCCC se caracterizan por ser el servicio más requerido por el sector productivo, aunque la provisión de consultorías, el entrenamiento y capacitación del personal industrial y la ejecución de actividades de IyDI son tareas no tan solicitadas pero que tienden a impactar mucho más en las actividades de innovación de los clientes de los CTID-SC.¹⁴

¹¹ Cohen (1995) señala que la evidencia empírica indica que existe una relación positiva y monotónica entre el tamaño de las empresas y su proclividad a realizar actividades de IDE, de tal manera que los datos aquí recabados parecen confirmar la existencia de una relación de este tipo para los clientes de los CTID-SC.

¹² De acuerdo con Rush y sus colegas (1996) los usuarios de los CTID pueden ser clasificados mediante el tipo de instalaciones técnicas, de tal modo que los "ejecutantes de IDE" tienen las facilidades necesarias para hacer investigación, mientras que los "competentes tecnológicos" sólo cuentan con áreas de ingeniería. Las compañías "autosuficientes tecnológicamente" tratan de salir adelante mediante sus recursos humanos y finalmente las "PyMEs de bajo nivel tecnológico" sólo buscan sobrevivir (Rush et al., 1996, p. 188).

¹³ Para medir la utilidad de los CTID-SC para sus clientes se utilizó una escala ordinal de cuatro puntos de tipo Likert, con los valores de 1 (irrelevante) a 4 (muy útil).

¹⁴ El 54.4% de los clientes encuestados solicitó la prestación de SAMCCC mientras que el 22.1% requirió trabajos de IyDI, el 19.1% solicitó consultorías técnicas y el 4.4% restante servicios de entrenamiento y capacitación. Aunque la distribución de estas actividades coincide con el énfasis puesto por la mayoría de los CTID-SC en la atención a la industria, el impacto en la productividad tiende a ser mayor entre más complejo sea el servicio proporcionado, como por ejemplo la IyDI y las consultorías técnicas (véase CONACYT, 1998, p. 572).

La solicitud de SAMCCC se ve influenciada por el tipo de facilidad técnica, resultando que las empresas que cuentan únicamente con departamentos de investigación recurren mayormente a trabajos de IyDI (como era de esperarse). Sin embargo, los clientes que no tienen ningún tipo de facilidad hacen un mayor uso de las consultorías, mientras que las empresas con ambos tipos de facilidades y las que sólo cuentan con áreas de ingeniería recurren en su mayoría a los servicios rutinarios. El cuadro siguiente desglosa esta información por tipo de servicio demandado y las facilidades técnicas existentes en los clientes de los CTID-SC.

Cuadro 6
Servicios demandados por los clientes de los CTID en
% (por tipo de facilidad técnica)

Tipo de Servicio Demandado	Tipo de facilidades técnicas existentes			
	Ninguna (%)	Sólo Ingeniería (%)	Sólo Investigación (%)	Ambos Tipos (%)
Actividades de IyDI	25.0	17.6	71.4	5.0
Consultorías y/o Entrenamiento	54.2	35.3	28.6	45.0
Servicios de Rutina y Analíticos	20.8	47.1	--	50.0
Totales	100.0	100.0	100.0	100.0

Nota: Los servicios de consultoría y los de capacitación y entrenamiento fueron agregados en un solo rubro. Los SAMCCC están catalogados como servicios de rutina.

Otro patrón interesante en la demanda surge de comparar el tipo de servicio proporcionado usando la taxonomía de Pavitt. Aunque sólo 70.6% de los clientes encuestados pudo ser clasificado bajo dicha taxonomía, los datos revelan que las firmas pertenecientes a los sectores dominados por el proveedor (DP) son las que mayormente usan los servicios de IyDI de los CTID-SC, seguidas de aquellos que no pertenecen al sector manufacturero (debido a que no están clasificadas en esta taxonomía).

Por otro lado, las empresas que están insertas en los sectores intensivos en escala (IE) acuden en su mayoría a los CTID-SC para adquirir SAMCCC (i.e., calibraciones, pruebas de materiales, análisis de muestras, etc.), pero no de investigación. Para las empresas en sectores basados en

la ciencia (BC) y de proveedores especializados (PE), su mayor contacto con los CTID-SC se da a través de los servicios de consultoría, pero estos datos hay que tomarlos con cautela debido al exiguo número de empresas en la muestra que pertenecen a estos sectores manufactureros. Esta información se aprecia mejor en el cuadro de la página siguiente.

Finalmente, las capacidades de exportación entre los clientes también fueron analizadas. El aspecto más relevante de este examen fue: los clientes que declararon haber tenido exportaciones en el año de 1999 calificaron como más útiles a los CTID-SC (3.19 en una escala creciente de importancia de 1 a 4), mientras que las firmas no-exportadoras le dieron solamente una calificación de 2.60 a los mismos centros.¹⁵ Estos resultados permiten

inferir que existe una diferencia en la apreciación de los CTID asociada con el tipo de mercado en el que se mueven los clientes; de tal manera que las empresas más proclives a participar en la globalización de la producción industrial pudieran también estar sacándole mayor provecho a los CTID.

Es importante destacar que los CTID-SC no responden a un solo patrón de funcionamiento pues dentro del mismo subsistema de centros tecnológicos del Sistema

CONACYT existe una diferenciación entre algunos centros más interesados en realizar investigación básica y otros más inclinados a prestar servicios de consultoría y SAMCCC. El primer tipo de centros es denominado por los propios administradores de los CTID-SC como “orientados a la investigación” o “académicos” y dentro de esta categoría se encuentran CIATEJ, CIDETEQ y CIQA. Al segundo tipo se les conoce como “orientados a la ingeniería” o “industriales,” entre los cuales se encuentran el CIATEC, CIATEQ, CIDESI y COMIMSA.

Esta clasificación un tanto informal surge del hecho de que el área de orientación sectorial ha determinado las características del patrón de especialización seguido y, por ende, la composición del personal calificado.¹⁶ Debido a que el primer tipo de centros atiende principalmente a empresas de los sectores basados en la ciencia (e.g., polímeros, biotecnología y electroquímica) es que presentan una mayor proporción de personal con doctorado; mientras que los centros industriales tienden a especializarse en áreas más prácticas como las del cuero y el calzado, metal-mecánica y siderúrgica, por lo que tienen una composición más elevada de técnicos e ingenieros.

¹⁵ El valor del estadístico t para muestras independientes fue de -2.324y resultó significativo al 5%, confirmado que esta diferencia es representativa de los patrones de exportación en cada tipo de empresa.

¹⁶ La especialización de los CTID-SC es la siguiente: CIATEC en cuero y calzado; CIATEJ en biotecnología y alimentos; CIATEQ y CIDESI en máquinas y herramientas; CIDETEQ en tratamiento de aguas y electroquímica; CIQA en polímeros, y COMIMSA en ingeniería y metalurgia.

Cuadro 7
Porcentaje de clientes que demandan los servicios de los CTID-SC, por taxonomía de Pavitt

Tipo de proporcionado	Categorías de la taxonomía de Pavitt				
	DP (%) (n = 20)	IE (%) (n = 24)	BC (%) (n = 2)	PE (%) (n = 2)	Sin Cla- sificación (%) (n = 20)
Actividades de Investigación	40.0	8.3	--	--	25.0
Consultoría y/o Entrenimiento	45.0	37.5	100.0	50.0	45.0
Servicios de rutina y analíticos	15.0	54.2	--	50.0	30.0
Total	100	100	100	100	100

Notas: DP significa "Dominado por el Proveedor"; IE "Intensivo en escala"; BC "Basado en la Ciencia"; PE "Proveedor Especializado"; n representa el número de empresas en cada categoría.

Esta separación entre los CTID-SC se confirma por el tipo de clientes que atienden. Por ejemplo, los CTID de corte académico se vinculan más con las PyMEs mientras que los centros industriales lo hacen más con las firmas grandes. Asimismo, la vinculación entre los CTID-SC y sus clientes, por lo general es más duradera para los centros industriales que para los académicos; dando como resultado una evaluación de la utilidad del centro más alta en aquellos que en éstos. Finalmente, los usuarios de los CTID-SC orientados a la industria valoran más la relación que existe con sus propios clientes que con cualquier otra organización (incluidos los CTID-SC), como se aprecia en el cuadro siguiente. Este aspecto de la relación puede servir para medir el grado de orientación al mercado que presenta cada tipo de CTID-SC, pues al valorar los usuarios de los centros tecnológicos de una manera más elevada a sus propios clientes, también están evaluando, aunque de manera indirecta, la orientación comercial de los centros.

Cuadro 8
Comparación entre los CTID-SC de acuerdo a su tipo de orientación (variables seleccionadas)

Orientación del Centro Tecnológico	No. Total de Trabajadores _1 **	Años de Relación con clientes _2 **	Orientación al Mercado _3 *	Evaluación Global _4
Académica (ciencia)	172.73	3.76	6.63	2.98
Industrial (ingeniería)	710.26	6.26	7.33	3.22
Total	386.2	4.75	6.91	3.07

Notas: 1: Promedio de trabajadores en la empresa. 2: Número de años de tener contacto con los CTID. 3: Mide la orientación al mercado mediante la importancia para la empresa encuestada de la relación con sus clientes en una escala de 1 (Irrelevante) a 8 (Muy Importante). 4: Mide la utilidad para la empresa de los servicios proporcionados por los CTID en una escala de 1 (Irrelevante) a 4 (Muy Importante). ** Diferencia significativa a 1%; * Diferencia significativa a 10%.

5.3. La utilidad de los CTID-SC para la industria nacional

Cada vez existe un conocimiento más profundo del comportamiento estratégico de las empresas insertas en la globalización. En lo particular se ha observado que un número creciente de empresas ha decidido establecer acuerdos de colaboración con centros públicos de investigación con objeto de mejorar su posición competitiva (véase Archibugi y Iammarino, 1999; Beise y Stahl, 1999; Arundel y Geuna, 2001).

En el caso de México, aún y cuando las encuestas existentes señalan todavía un nivel muy escaso de vinculación entre los CTID y la industria nacional, la evidencia empírica con respecto a los beneficios específicos que les deja esta vinculación a las empresas mexicanas es aún muy pobre. Con objeto de descubrir los factores más apreciados por los clientes de los CTID, la presente sección presenta los resultados del análisis multivariado de la encuesta de 2001. Para medir estos beneficios se usaron 20 conceptos que generalmente se aceptan como determinantes para el establecimiento de relaciones de colaboración entre los CTID y el sector productivo (Bengston, 1989). De acuerdo con los usuarios de los CTID-SC, el concepto de la calidad de los productos y servicios ofrecidos mereció la calificación más alta (3.29 en una escala de evaluación de 1 a 4), seguida de las sugerencias obtenidas de los expertos y del valor de los productos y servicios (ambos con 3.25). En último lugar quedó el uso de las facilidades con 1.85 y la evaluación promedio de los veinte conceptos fue de 2.76.

Para determinar si existen factores subyacentes en los beneficios obtenidos de la colaboración se hizo uso de las herramientas de análisis factorial de componentes principales. El cuadro siguiente muestra los resultados de la rotación de los factores principales.

Cuadro 9
Matriz de componentes rotados de los beneficios de la vinculación con los CTID-SC¹⁷

Variables	Media	Ponderación de los factores				Comunales
		1	2	3	4	
Calidad de los servicios	3.29	0.895				0.813
Valores de los servicios	3.25	0.880				0.810
Relevancia de los servicios	2.94	0.544				0.430
Las condiciones para firmar contratos	2.66	0.476	0.355		0.399	0.588
Velocidad de la atención	2.91	0.470	0.427			0.410
Nivel de equipamiento	3.19	0.455	0.397			0.441
Consultoría experta	3.25	0.418	0.307	0.332		0.387
Nivel de información	2.99	0.353		0.347		0.343
Solución a los problemas	2.87		0.720			0.624
Uso de la Ciencia en el CTII-SC	2.96		0.716			0.600
Know-how Resultante	2.66		0.663		0.343	0.592
Manejo de la Secretaría Industrial	2.93		0.543		0.469	0.538
Establecimiento de Acuerdos de Co-operación	2.19			0.719		0.588
Ideas Inesperadas	2.09		0.497	0.644		0.666
Manejo de la Propiedad Intelectual	2.21		0.383	0.623		0.567
Uso de Facilidades	1.85			0.610		0.452
Distancia	2.56				0.805	0.685
Facilidad de uso	2.74				0.691	0.563
Costo de los Servicios	3.03	0.459			0.524	0.525
Carácter Público de los CTID-sc	2.56	0.342		0.392	0.421	0.454
Porcentaje de la varianza		17.15	14.62	12.00	11.59	53.38

Notas: El método de extracción usado fue el del análisis de componentes principales; y el método de rotación utilizado fue varimax con normalización de Kaiser; la escuela usada para la evaluación fue: 1 (sin ningún beneficio) a 4 (muy benéfico).

Como puede observarse en el cuadro anterior, los 20 factores originales se pueden reducir a cuatro grandes grupos. El primero puede ser asociado con un elemento subyacente de excelencia mediante el cual los CTID-SC les estarían proporcionando un valor agregado intangible a sus clientes a través de la calidad, el valor y la relevancia del servicio proporcionado. Los demás conceptos como la velocidad de atención, las condiciones para firmar contratos, el nivel de equipamiento y de información que aparecen incluidos en este factor refuerzan esta idea. Incluso conceptos como el costo de los servicios y el carácter público de los CTID-SC también aparecen relacionados a este primer factor (ver cuadro 9).

¹⁷ El determinante de la Matriz R fue 0.00001354. La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin fue 0.798 y la prueba de Bartlett de esfericidad fue significativa, a 1%. Solamente 4 factores fueron extraídos.

El segundo componente de los beneficios atribuidos a la colaboración con los CTID-SC aparece como el rasgo de su profesionalismo; les proporciona una ventaja estratégica a los CTID-SC porque los clientes parecen percibir que el manejo de la secrecía industrial y el uso del conocimiento científico por parte del personal del CTID están estrechamente relacionados con la solución a los problemas propuestos, lo que produce un valioso know-how para el cliente. Adicionalmente, el manejo de la propiedad intelectual y las ideas resultantes de la colaboración son conceptos que aparecen relacionados con este factor, a pesar de estar agrupados en otro componente, al igual que la firma de contratos, la velocidad de atención, el nivel de equipamiento y el consejo experto obtenido.

El tercer grupo de factores parece enfatizar las ventajas del comportamiento cooperativo de los CTID-SC, de tal manera que las posibilidades para establecer acuerdos de colaboración se ven favorecidas por el manejo de la propiedad intelectual y el uso de las instalaciones, siendo natural que se promueva el surgimiento de ideas inesperadas a partir de la colaboración. Este factor también se ve reforzado por la inclusión de conceptos como el carácter público de los CTID-SC, el nivel de información existente y el consejo experto obtenido de la cooperación.

Finalmente, el último componente tiene un claro perfil de que el cliente está obteniendo ventajas tangibles de la vinculación que se pueden traducir como las ventajas competitivas de los CTID-SC. Es decir, la distancia, la facilidad en el uso de los centros, el costo de los servicios proporcionados y su carácter público parecen influir la valoración de los beneficios obtenidos. Más aún si se toma en cuenta que las condiciones para firmar contratos, el know-how resultante y el manejo de la secrecía industrial también están correlacionados con este componente.

Vistos en conjunto, estos cuatro componentes permitirían enfatizar las ventajas para el sector productivo de iniciar un proceso de colaboración con los CTID-SC. Es decir, una política tecnológica diseñada para reforzar los vínculos entre estos centros públicos de investigación y las empresas debiera subrayar la existencia de un servicio excelente y profesional por parte de estos centros, así como las virtudes de su comportamiento competitivo que se traducen en las ventajas competitivas de los CTID, especialmente después de haber tomado en cuenta que fueron las empresas exportadoras las que hicieron una evaluación más favorable de la utilidad global de los CTID-SC que la que hicieron las empresas no-exportadoras.

6. Conclusiones

Como resultado de la globalización en la producción industrial, las empresas insertas en este proceso han buscado reubicar su producción en aquellas regiones del planeta que ofrecen las mayores ventajas. Es decir, han buscado establecer sus bases en aquellos países que cuentan con el mejor balance entre costos de fabricación, transporte y distribución, por una parte, y las mejores condiciones para la elevar la calidad de la producción, por la otra.

Dentro de esta búsqueda, y con objeto de mejorar su competitividad, muchas compañías globalizadas han decidido establecer acuerdos de colaboración con centros públicos de investigación, especialmente con centros tecnológicos, a través del manejo estratégico de sus redes corporativas de diseño, ingeniería, producción e investigación y desarrollo.

En el caso de México, los efectos de la globalización se han dejado sentir con mayor fuerza a partir de la entrada en vigor del TLCAN en 1994. Como resultado, muchas empresas buscaron reorientar su producción hacia los mercados de exportación, en particular hacia Estados Unidos. Sin embargo, algunas empresas se enfrentaron con serios problemas de competitividad, los que lograron solventar en parte gracias al apoyo brindado por los CTID nacionales. En este contexto, este trabajo tuvo como propósito ilustrar qué tipo de apoyos se han prestado, los mecanismos bajo los cuales estos servicios se proporcionan y la de proporcionar una discusión más elaborada de los determinantes de la vinculación CTID-industria.

En primer término, los CTID han prestado un gran apoyo a la industria nacional mediante la provisión de servicios tecnológicos que sirven para robustecer las capacidades técnicas y productivas del sector privado. Estos servicios tienen un carácter infraestructural que es consistente con la necesidad que tienen las empresas de volverse más competitivas. Sin embargo, existe el peligro de que el gobierno desconozca el papel que juega el financiamiento público en el soporte de este mecanismo, pues el desconocimiento de los factores que determinan la vinculación de los CTID con la industria ha llevado a algunos organismos a proponer un cambio radical porque suponen (erróneamente) que todo el apoyo financiero gubernamental desalienta el establecimiento de contactos más estrechos con usuarios potenciales (véase Banco Mundial, 1998, p. 25). No obstante, existe el peligro de que este tipo de opiniones prospere y termine por ubicar el problema únicamente del lado de los CTID sin reparar en las condiciones estructurales que determinan la vinculación.

La evidencia analizada en este estudio sugiere que los CTID tienden a establecer una relación más cercana y útil con las empresas que cuentan con instalaciones de ingeniería o de investigación —identificadas como facilidades técnicas intermedias— las cuales les permiten la realización de actividades encaminadas a la innovación; mientras que la colaboración con compañías sin ningún tipo de facilidad técnica (identificadas como empresas rezagadas tecnológicamente) se circunscribe generalmente a labores de consultoría.

Sin embargo, el caso más paradójico lo representa la colaboración con las empresas mejor equipadas porque las expectativas de ambas partes no parecen empatarse. A este respecto Mowery (1983) indica que lo mejor es que los CTID se especialicen en la provisión de aquellos servicios en los que pudieran eficientar su operación (i.e., calibraciones, análisis y pruebas), pero es precisamente la obligación institucional de los CTID de ofrecer todo el mayor y más completo espectro posible de servicios tecnológicos (e.g., IyDI, consultorías, servicios técnicos y capacitación) lo que impide seguir esta vía de optimización. Pero además los CTID-SC saben que la producción de todos y cada uno de los servicios que están obligados a proporcionar tiende a mejorar las capacidades técnicas de los investigadores mediante las llamadas economías de alcance —scope economies— por lo que la especialización en una sola actividad tendría efectos nefastos para el fortalecimiento de sus ventajas competitivas (Merritt, 2004).

Por lo que, en vista de los resultados de esta investigación, una política tecnológica que intente mejorar los niveles de vinculación entre los CTID y el sector productivo para incentivar la competitividad tiene que fomentar el uso de este tipo de organizaciones, resaltando las virtudes de la colaboración (i.e. excelencia del servicio, profesionalismo, comportamiento cooperativo y competitividad), más que esperar mecánicamente que los CTID busquen atraer nuevos clientes entre las empresas industriales debido a drásticos recortes en el presupuesto público. De ahí que se pueda concluir que entre los factores que más afectan la vinculación CTID-industria está la ineficiencia en la operación de los centros, pero no como resultado del apoyo financiero gubernamental (como comúnmente se cree), sino como resultado de la gran dispersión de las capacidades tecnológicas de los clientes, lo cual lleva a los CTID a diversificar su esfuerzos tecnológicos con tal de satisfacer los diversos requerimientos de la industria pero a costa de ser notoriamente menos eficaces en apoyar la competitividad de la industria globalizada.

Bibliografía

- ♦ Alam, G. y J. Langrish (1984), "Government Research and its Utilization by Industry: The Case of Industrial Civil Research in India", *Research Policy*, vol. 13 (1), pp. 55-61.
- ♦ Archibugi, D. y S. Iammarino (1999), "The Policy Implications of the Globalization of Innovation", *Research Policy*, vol. 28 (2/3), pp. 317-336.
- ♦ Arrow, K. J. (1962), "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention," National Bureau of Economic Research, (Ed.) *The Rate and Direction of Inventive Activity*, New York, Princeton University Press, pp. 609-625.
- ♦ Arundel, A. y A. Geuna (2001) "Does Proximity Matter for Knowledge Transfer from Public Institutes and Universities to Firms?," SPRU, Brighton UK, SPRU Electronic Working Paper (SEWP), no. 73.
- ♦ Baldwin, W. L. (1962), "Contract Research and the Case for Big Business", *Journal of Political Economy*, vol. 70 pp. 294-298.
- ♦ Bart, C. K. (1996), "High Tech Firms: Does Mission Matter?," *Journal of High Technology Management Research*, vol. 7 (2), pp. 209-225.
- ♦ Beer, J. J. (1958), "Coal Tar Dye Manufacture and the Origins of the Modern Industrial Research Laboratory", *Isis*, vol. 49 pp. 123-131.
- ♦ Beise, M. y H. Stahl (1999), "Public Research and Industrial Innovations in Germany", *Research Policy*, vol. 28 (4), pp. 397-422.
- ♦ Bell, M. (1994), "The Evolution and Integration of R&D vis-à-vis Industrial Enterprises", en Economic and Social Commission for Western Asia (Ed.), *Workshop on the Integration of S&T in the Development Planning and Management Process in the ESCWA Region*, New York, United Nations, pp. 59-83.
- ♦ Bengtson, D. N. (1989), "Exogenous Factors Affecting Research Institutions in Developing Countries", *International Journal of Technology Management*, vol. 4 (3), pp. 317-331.
- ♦ Brooks, H. (1986), "National Science Policy and Technological Innovation," Landau, R. y Rosenberg, N. (Eds.), *The Positive Sum Strategy*, Washington, National Academy Press, pp. 119-167.
- ♦ Buderer, R. (2000), *Engines of Tomorrow: How the World's Best Companies Are Using Their Research Labs to Win the Future*, New York, Simon & Schuster.

- ◆ Cantwell, J. (1997), “The Globalisation of Technology: What Remains of the Product Cycle Model?”, Archibugi, D. y Michie, J. (Eds.), *Technology, Globalization and Economic Performance*, Cambridge UK, Cambridge University Press, pp. 215-240.
- ◆ Casalet, M. (2000), “The Institutional Matrix and its Main Activities Supporting Innovation,” Cimoli, M. (Ed.), *Developing Innovation Systems*, London, Continuum, pp. 109-133.
- ◆ Cohen, W. M. (1995), “Empirical Studies of Innovative Activity,” en Stoneman, P. (Ed.), *Handbook of the economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Basil Blackwell, pp. 182-264.
- ◆ CONACYT (1998), *Historia de las Instituciones del Sistema SEP-Conacyt*, México, CONACYT.
- ◆ CONACYT (1999), *Centros Públicos de Investigación SEP-CONACYT*, México, CONACYT.
- ◆ CONACYT (2001), *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*, México, CONACYT.
- ◆ CONACYT (2003), *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología*, México, CONACYT.
- ◆ CONACYT (2004), *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología*, México, CONACYT.
- ◆ Cooper, C. (1974), “Science Policy and Technological Change in Underdeveloped Economies”, *World Development*, vol. 2 (3), pp. 55-64.
- ◆ Crane, D. (1977), “Technological Innovation in Developing Countries: A Review of the Literature”, *Research Policy*, vol. 6 (4), pp. 374-395.
- ◆ Crow, M. M. y Bozeman, B. (1998), *Limited by Design: R&D Laboratories in the US National Innovation System*, New York, Columbia University Press.
- ◆ Domínguez, L. y F. Brown (2004), “Medición de las Capacidades Tecnológicas en la Industria Mexicana,” *Revista de la CEPAL*, vol. 83 pp. 135-171.
- ◆ Dupree, A. H. (1957), *Science in the Federal Government: A History of Policies and Activities to 1940*, Cambridge, MA, the Belknap Press of Harvard University Press.
- ◆ Dutrenit, G. y M. Capdevielle (1993), “El Perfil Tecnológico de la Industria Mexicana y su Dinámica Innovadora en la Década de los Ochenta,” *El Trimestre Económico*, vol. 60 (239), pp. 643-674.
- ◆ European Communities (2001), *Statistics on Innovation in Europe: Data 1996-1997*, Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities.
- ◆ Freeman, C. y L. Soete (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, London, Pinter.
- ◆ Gillette, R. (1973) “Mexico (II): Growing Pains for Science Policy Agency”, *Science*, vol. 180 (4092), pp. 1261-1265.
- ◆ Goldman, M. y H. Ergas (1997), *Technology Institutions and Policies*, Washington, World Bank.
- ◆ Gupta, A. K., et al. (2000) “Managing the Process of Market Orientation by Publicly Funded Laboratories: The Case of CSIR, India”, *R&D Management*, vol. 30 (4), pp. 289-296.
- ◆ Haar, J., et al. (2004), “Efectos del TLCAN en la Competitividad de la Pequeña Empresas en México”, *Comercio Exterior*, vol. 54 (6), pp. 502-515.
- ◆ Hounshell, D. A. (1996), “The Evolution of Industrial Research in the United States,” Rosenbloom, R. S. y Spencer, W. J. (Eds.), *Engines of Innovation*, Boston, Harvard Business School Press, pp. 13-86.
- ◆ Huster, E. (1997), “Bridging Institutions: Evidence from Dutch Innovation Centres”, OCDE (Ed.), *Diffusing Technology to Industry: Government Policies and Programmes*, Paris, OCDE, pp. 79-85.
- ◆ Justman, M. y M. Teubal (1995), “Technological Infrastructure Policy (TIP): Creating Capabilities and Building Markets”, *Research Policy*, vol. 24 (3), pp. 259-281.
- ◆ Katrak, H. (1998) “Economic Analyses of Industrial Research Institutes in Developing Countries: The Indian Experience”, *Research Policy*, vol. 27 (4), pp. 337-347.
- ◆ Kojima, S. y Y. Okada (1997), *Catching Up to Leadership: The Role of Technology-Support Institutions in Japan's Casting Sector*, Washington, World Bank.
- ◆ Landes, D. S. (1969), *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge UK, Cambridge University Press.
- ◆ Lee, J. y A. H. Rubenstein (1980), “An Analysis of Factors Influencing the Utilization of Contract Research in a Developing Country: Korea”, *Research Policy*, vol. 9 (2), pp. 174-196.
- ◆ Liquitaya, J. D. (2004), “Globalización, Desafío y Reflexiones: Presentación”, *Denarius*, (9), pp. 9-13.
- ◆ López-Acevedo, G. (2002), “Determinants of Technology Adoption in Mexico”, Washington, World Bank, Policy Research Working Paper, no. 2780.
- ◆ Merritt, H. (2004), “The Management, Relevance and Performance of Technology Research Centres: The SEP-CONACYT Technology Centres of Mexico,” Doctoral Thesis, University of Sussex, Brighton UK.

- ◆ Meyer-Thurrow, G. (1982), "The Industrialization of Invention: A Case Study from the German Chemical Industry," *ISIS*, vol. 73 (268), pp. 363-381.
- ◆ Mowery, D. C. (1983), "The Relationship Between Intrafirm and Contractual Forms of Industrial Research in American Manufacturing 1900-1940," *Explorations in Economic History*, vol. 20 (4), pp. 351-374.
- ◆ Mowery, D. C. y Rosenberg, N. (1989) *Technology and the Pursuit of Economic Growth*, Cambridge UK, Cambridge University Press.
- ◆ Mowery, D. C. (1995), "The Practice of Technology Policy," en Stoneman, P., (Ed.) *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell, pp. 513-557.
- ◆ Najmabadi, F. y Lall, S. (1995) *Developing Industrial Technology: Lessons for Policy and Practice*, Washington, World Bank.
- ◆ Nath, P. y Mrinalini, N. (2002), *Organization of R&D: an Evaluation of Best Practices*, New York, Macmillan.
- ◆ OCDE (1989), *The Changing Role of Government Research Laboratories*, Paris, OCDE.
- ◆ OCDE (1994), *S&T Policy 1994: Review and Outlook*, Paris, OCDE.
- ◆ OCDE (1999), *Globalisation of Industrial R&D: Policy Issues*, Paris, OCDE.
- ◆ OCDE (2000), "Science, Technology and Innovation in the New Economy," *OECD Observer*, (September), pp. 1-12.
- ◆ OCDE (2004), *Patents, Innovation and Economic Performance*, Paris, OCDE.
- ◆ OCDE (2006), *Science, Technology and Industry Outlook 2006*, Paris, OCDE.
- ◆ Pavitt, K. L. R. (1984) "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory," *Research Policy*, vol. 13 (6), pp. 343-373.
- ◆ Ramírez, J. C. y Unger, K. (1997) "Mexico's National Innovation System in the 1990s: Overview and Sectoral Effects," México, CIDE, *Documentos de Trabajo*, no. 72.
- ◆ Reich, L. S. (1985), *The Making of American Industrial Research*, Cambridge, Cambridge Press.
- ◆ Sanz, L. y Cruz, L. (2003), "Coping with Environmental Pressures: Public Research Organisations Responses to Funding Crises," *Research Policy*, vol. 32 (8), pp. 1293-1308.
- ◆ Stigler, G. J. (1956), "Industrial Organization and Economic Progress," en White, L. D., (Ed.) *The State of the Social Sciences*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 269-282.
- ◆ Toren, N. y Galai, D. (1978), "The Determinants of the Potential Effectiveness of Government-Supported Industrial Research Institutes," *Research Policy*, vol. 7 (4), pp. 362-382.
- ◆ UNIDO (1979), *Joint UNDP/UNIDO Evaluation of Industrial Research and Services Institutes*, Vienna.
- ◆ WAITRO (1999), *Best Practices for the Management of Research and Technology Organizations*, Taastrup, Denmark, WAITRO.
- ◆ Webster, A. (1994), "Bridging Institutions: The Role of Contract Research Organisations in Technology Transfer," *Science and Public Policy*, vol. 21 (2), pp. 89-97.
- ◆ Wionczek, M. S. y Márquez, M. H. (1993), "Mexico," en Patel, S. J., (Ed.) *Technological Transformation in the Third World*, Aldershot UK, Avebury, pp. 3-100.
- ◆ World Bank (1998), *Project Appraisal Document on a Proposed Loan in the Amount of US \$300 Million to Mexico for a Knowledge and Innovation Project*, Washington, World Bank.