

CAPÍTULO 6

COMPLEMENTARIEDAD Y CONOCIMIENTO COMPARTIDO EN EL CAMPO DE LOS MATERIALES EN MÉXICO

Rebeca de Gortari Rabiela

Introducción

En este capítulo nos interesa analizar los flujos y las redes de conocimiento que están contribuyendo a la generación de capacidades científico-tecnológicas para la solución de problemas en el área de materiales en México. Para ello se intenta analizar cómo a partir del desarrollo de competencias nuevas y habilidades existentes en este campo, se están estableciendo nuevas formas en la producción, organización y transferencia del conocimiento. Con ese propósito se seleccionaron Querétaro y Chihuahua; lugares donde se analizan las dinámicas que se están generando entre los Centros Públicos de Investigación y Desarrollo (I-D) y las empresas.

En los campos de nuevas tecnologías, como los materiales, la producción y el flujo de conocimiento no sólo es multidisciplinario sino también multinstitucional. En estos campos, en la medida en que los cambios en las formas en que se produce el conocimiento se han modificado y su apropiación y transferencia también, han dado lugar al surgimiento de nuevas formas de organización como son las redes,¹ que se han constituido en una

1. La teoría de las redes permite describir las relaciones entre los actores que participan en el desarrollo de nuevas tecnologías, a través de cruces seccionales y longitudinales, para modelar el desarrollo estructural y la conducta de una comunidad de actores. La cual además sirve de soporte para desarrollar un sistema teórico para entender la transición del cambio de estatus del conocimiento, del paradigma científico al tecnológico (Podolny y Page, 1998).

herramienta vital para el avance del conocimiento en general y sobre todo del conocimiento nuevo, complejo e interdisciplinario, pero también de aquel que tiene múltiples aplicaciones.

Por ello, la relación entre las empresas y los Centros de I-D, ya no es suficiente entenderla y explicarla solamente a partir de la oferta y demanda del conocimiento entre dos actores, sino de una relación más compleja e interactiva donde son claves las diversas y distintas formas de interacción y la participación de otros actores. Colaboraciones que además se han modificado en la medida en que las actividades de I-D no se realizan solamente en las empresas o en las instituciones de investigación, sino que a partir de un proceso de recombinación de sus capacidades, apoyado en un proceso de acumulación que le precede, se crean múltiples y variadas formas de intercambio para la generación y circulación del conocimiento.

Así, en cuanto se refiere a las empresas, como señalan (Kozmetsky y Smilor, 1989, xiv) «su saber hacer ya no se puede reducir a los negocios, sino que ahora es necesario que la experiencia técnica y el conocimiento de las empresas sean requeridos para enfocarlos a la tecnología emergente para proveerla de aplicaciones y para atender las necesidades reales del mercado». Es por ello que las empresas ya no se pueden ver solamente «[...] como vehículos para procesar información, tomar decisiones y resolver problemas, [puesto que] el núcleo de sus actividades se basa ahora en la creciente búsqueda y creación del conocimiento» (Powell, 1998).

El proceso anterior además no es lineal, puesto que las interacciones no pueden reducirse a dos actores. Además que muchas de sus actividades se realizan simultáneamente, de manera no siempre ordenada y en múltiples direcciones y donde el flujo de conocimiento es continuo. Es un proceso interactivo ejecutado por actores que no solamente tienen concepciones y puntos de vista diferentes, sino que se organizan de diversas maneras, adoptan estrategias diferentes y siguen trayectorias distintas.

A este respecto autores como S. Salles *et al.* (1997) mencionan que, entre las estrategias y formas de interacción donde tienen lugar estas trayectorias, están: la creación y búsqueda de nichos de mercado y la formación de alianzas de cooperación con grandes empresas; las diferentes formas de organizar la investigación y de planear el proceso de innovación; las ventajas

que se obtienen en la búsqueda del conocimiento, a partir del aprovechamiento de las capacidades complementarias y en otras apropiaciones de los intangibles tácitos, como es el conocimiento y las habilidades de los recursos humanos. De tal manera que a partir de dichas estrategias y formas de interacción se puede dar un proceso de recombinación de sus capacidades, o se pueden crear nuevos acercamientos que tienden a modificar las habilidades existentes y las competencias. Es decir, lo nuevo está en que los diferentes actores actúen como una fuente de conocimiento complementaria, donde se tiende a sustituir que el conocimiento sea suministrado sobre todo del sector académico hacia el productivo, por un proceso de complementariedad y de conocimiento compartido.

A partir de las consideraciones anteriores, nuestro trabajo se centra en tres aspectos:

- 1) El análisis de las trayectorias y estrategias que han seguido algunos de los Centros de I-D ubicados en esas regiones para integrarse a redes de conocimiento y su contribución a la generación de espacios regionales de conocimiento en el área de materiales.
- 2) La identificación de algunos caminos de colaboración que siguen las empresas, donde se distinguen tanto distintos perfiles de cooperación, como el desarrollo diferente de sus capacidades para contribuir a la producción, transferencia e intercambio de conocimiento.
- 3) Finalmente, a partir de las trayectorias y los caminos de colaboración entre los centros de I-D y las empresas, nos proponemos documentar a través de algunos proyectos, cómo la constitución de redes en las que tienen lugar los flujos de conocimiento, están contribuyendo a la formación de *espacios regionales de conocimiento* (Casas et al., 2000a).

Con este objetivo, organizamos el capítulo como sigue.

- En un primer apartado nos referimos primero, a las tendencias seguidas en el ámbito internacional en el campo de los materiales donde el flujo de conocimientos se da fundamentalmente a través de redes, y de cómo los centros de

I-D en estos campos constituyen una fuente importante de conocimiento. Enseguida, hacemos una reseña general del desarrollo que ha tenido el campo de los materiales en México y de los niveles de interacción que se establecen entre el sector industrial y el académico. Al final, se expone la importancia que ha cobrado la dimensión regional en la constitución de los espacios de conocimiento.

- En un segundo apartado, nos referimos al caso de Querétaro en el cual se analizan las trayectorias seguida por dos centros de I-D, y las diferentes estrategias instrumentadas para atender las nuevas demandas de las empresas. En donde se hace referencia a los proyectos, para documentar la constitución de redes y la formación de un espacio regional de conocimiento.
- Un tercer apartado muestra la integración de ciertas capacidades en el caso de Chihuahua, a través del análisis de los caminos de colaboración establecidos por dos empresas y a partir de sus proyectos, identificar el tipo de conocimiento generado, y el papel que este tiene en el establecimiento de redes.
- En la última parte del capítulo se apuntan algunas conclusiones generales.

Para el desarrollo del capítulo se obtuvo información de diferentes fuentes: documentos de información para clientes, páginas web de las instituciones y empresas, y en particular entrevistas con los directores y responsables de proyectos. Asimismo se hicieron visitas de observación tanto a las instituciones como a las empresas descritas.

1. Las tendencias recientes en el campo de los materiales

1.1. Los materiales en el ámbito internacional

El desarrollo de los materiales en el ámbito internacional ilustra la nueva dinámica que ha adquirido la producción, organización y transferencia del conocimiento, y de las complejas relaciones que se establecen entre el sector productivo y el sector académico.

Los materiales, en tanto tecnología ha cobrado cada vez mayor importancia para la renovación industrial que tiene lugar a partir de la década de los ochenta y han desempeñado un papel clave en la regeneración tanto de las industrias tradicionales, como de las nuevas. Esto ha tenido como resultado el crecimiento de una gran variedad de sectores de la economía debido a la amplitud de sus áreas de aplicación.

Los nuevos materiales tienen su origen de manera simultánea tanto como resultado de un proceso de diversificación de las grandes empresas de materiales (refinadoras de metales, empresas químicas, fabricantes de vidrios y de productos forestales), como de la aparición de pequeñas empresas innovadoras. Entre los sectores que a fines de 1980 hacían un mayor uso de los materiales estaban el automotriz, el eléctrico-electrónico, el metalmecánico, el de la construcción y el de envasado. Entre esos sectores, destaca la electrónica por su papel clave en el desarrollo de nuevas aplicaciones y el impulso a la investigación de nuevos materiales (Hui, 1991).

Dicha evolución ha sido posible en gran medida debido a los considerables progresos logrados en el ámbito científico tanto en el dominio físico-químico de los sólidos, como en el de los procesos de elaboración. Estos incluyen: compuestos de metal, de madera, superaleaciones y aleaciones ligeras, nuevas fibras (ópticas y otras), nuevas cerámicas avanzadas, nuevas resinas y los plásticos. Muchos de estos avances están estrechamente ligados con la industria química, que está en constante competencia con la industria metalúrgica por las nuevas aleaciones.

El desarrollo de los materiales se ha incrementado de manera crítica en una gran variedad de industrias. Por una parte, en aquellas en las que los nuevos materiales desempeñan un rol central en su avance tecnológico, pero también en las más tradicionales como la manufactura y los productos electrónicos de consumo. Las relaciones entre la producción de los materiales y las industrias manufactureras se establecían sin una conexión muy directa con el proceso productivo; a diferencia de los nuevos materiales, que en muchos casos, se han constituido en parte integral del diseño y del proceso de manufactura; de tal suerte, que el desarrollo de los materiales se ha convertido cada vez más en un factor clave para la innovación manufacturera (Gupp, 1994).

Estos cambios afectan directamente a las industrias de materiales y manufactureras, induciéndolas a establecer relaciones de trabajo más cercanas entre ellas e incrementando el papel de la I-D, lo que ha llevado a que se diluya, en algunos casos, la distinción entre los productores de materiales y las industrias manufactureras.

Esta integración tiene además, un impacto significativo en la infraestructura de la investigación en materiales. La demanda de conocimiento esta cubriendo todos los aspectos de las propiedades de los materiales y el proceso de conocimiento mismo. De ahí que en la medida en que el conocimiento ya no se puede limitar al *know-how* específico de un material como el acero, los polímeros o los cerámicos, las industrias tanto productoras de materiales como las manufactureras han incrementando su interés en la ciencia de los materiales y la ingeniería (Lois *et al.*, 1998).

Además, si bien el desarrollo que han tenido los materiales responde a una evolución profunda de las industrias existentes, su avance se debe sobre todo a las necesidades planteadas por el mercado. En ambos casos, los materiales nuevos aportan propiedades específicas ligadas al uso tanto de los objetos como de los sistemas, entre las que están el peso, las propiedades mecánicas a temperaturas elevadas, la resistencia química, las propiedades eléctricas y electromagnéticas y las de superficie, entre otras.

En su mayoría, estos nuevos materiales, son el resultado de una serie de innovaciones científicas y técnicas. Por ello se diferencian de los tradicionales extraídos del medio natural y producidos sin muchas modificaciones a través de procesos como los de refinación. En ese sentido, no se pueden considerar como productos de una capacidad técnica acumulada de mucho tiempo, sino más bien como resultado de los avances alcanzados en las ciencias básicas. Es decir, del conocimiento a profundidad de la estructura de la materia, que conlleva un cambio radical en el conocimiento de las bases conceptuales de su producción, en la medida en que muchas de sus propiedades pueden ser diseñadas. De tal forma que, los nuevos materiales pueden ser compuestos de diversos materiales ya existentes, derivados u obtenidos a partir de la reestructuración de un material y su producción. Es por lo anterior que se pueden afirmar que son producto

de un proceso complejo, en el que el peso de su componente científico es muy grande (Niosi, 1994). Así, la diferencia fundamental con los materiales tradicionales es que son concebidos desde un principio en función de la utilización específica que se les va a dar, de ahí la necesaria interacción entre usuarios y productores para el desarrollo de la tecnología.

De esta manera, se han constituido en un campo de investigación interdisciplinario, cuya tendencia es producir materiales con características que pueden ser predeterminadas de acuerdo a una necesidad definida y cada vez en menor medida con base en el tipo de materia o sustancia natural utilizada. En general, en la tecnología de los materiales avanzados, las mejoras y las innovaciones menores son cruciales, y son escasas las discontinuidades o transformaciones importantes.

Este campo al igual que la biotecnología y las telecomunicaciones ha adquirido un importante peso e influencia en el ámbito internacional. El que se acompaña de dos procesos simultáneos. Por un lado, de una gran capacidad persuasiva, que ha permitido que su uso se extienda a una gran variedad de actividades a través de la creación de nuevos productos, procesos y servicios en particular en las economías avanzadas. Por otro, es un campo tecnológico que ha contribuido al romper con las barreras tradicionales entre disciplinas científicas y tecnológicas, al aumentar el intercambio entre la investigación básica y la aplicada y de las interfaces entre ellas, para hacer frente al incremento de la complejidad, el costo y el tiempo para desarrollar innovaciones en las industrias asociadas con materiales nuevos (Charles y Howells, 1992).

En función de las características antes mencionadas, en estos campos de nuevas tecnologías, el flujo de conocimientos e información se da fundamentalmente a través de redes, donde los Centros de I-D se insertan en los clusters de empresas, en las alianzas tecnológicas y en las redes de conocimiento. De ese modo, los mecanismos de transferencia de conocimientos y tecnología pasan a formar parte de la tecnoinfraestructura, concepto definido por Schuetze (1996) «como conformada por agentes e instituciones públicas y privadas de distinta índole (incluso instituciones financieras) donde la colaboración es vista como un continuo, y el formar parte de las distintas redes implica que la información y el conocimiento fluyan de manera

continua y sistemática». Además, esas redes no se confinan a las instituciones de educación superior y las empresas, sino que incluyen otras instituciones en el mismo campo o región, tales como universidades y laboratorios gubernamentales y asociaciones de empresarios. Este complejo puede conducir a la integración de lo que hemos llamado espacios regionales de conocimiento (Casas *et al.*, 2000a). Pasemos ahora a ilustrar cual ha sido la situación a grosso modo en el ámbito nacional.

1.2. Los materiales en México

En nuestro país el reconocimiento e impulso de los materiales como área disciplinaria fue bastante temprana, de tal suerte que se cuenta con un conjunto de capacidades tanto en el ámbito de los recursos humanos como en infraestructura que se han acumulado en distintos ámbitos y que están basadas en la combinación de proyectos y de líneas de trabajo localizadas tanto en la frontera del conocimiento internacional, como dirigidas a atender problemas específicos en ciertas especialidades y sectores industriales.

Como parte de este esfuerzo, se ha dedicado gran atención a la formación de recursos humanos a nivel técnico y de posgrado que ha aumentado de manera considerable en los últimos años.

De parte del sector industrial, en México como en otros países, se pueden observar tres niveles de interacción.

1. Un primer nivel, es el de las empresas transnacionales, es decir las grandes compañías interesadas en desarrollar entre ellas ciertos materiales. Esta colaboración en general se lleva a cabo, en escalas nacional e internacional a través de proyectos en sus laboratorios y centros de investigación y desarrollo, junto a otros tipos de colaboración técnica, sin que en general sean dependientes de las bases locales de conocimiento, pero de las cuales hacen uso. Es el caso de la mayoría de las grandes empresas multinacionales químicas como Du Pont, Upjohn, Rhone-Poulenc, Hoechst y Celanese o en el área de metalmecánica en la industria automotriz para empresas como General Motors o Chrysler, que hacen uso de los recursos humanos provenien-

tes de los centros de investigación y desarrollo, de los institutos tecnológicos públicos, así como de las universidades locales.

2. Un segundo nivel, se ubica en el ámbito de las filiales y proveedoras de las grandes empresas, donde los flujos de conocimiento se establecen a través de la difusión de la tecnología como nuevo equipo y maquinaria y de desarrollos de sistemas de operación y de administración, de la cual son ejemplos la industria automotriz, de componentes metálicos y de electrónica. Se trata de industrias en muchas ocasiones asociadas a proveedores tecnológicos en las que a veces se hace investigación tecnológica. Estas introducen algunas innovaciones a través de su personal técnico, y más recientemente han empezado a modificar sus prácticas al sumar a personal altamente calificado como ingenieros y egresados de las universidades y tecnológicos locales, quienes se encargan del arranque inicial del equipo y de las plantas, además de actividades para mejorar progresivamente las especificaciones y el diseño de productos, o el establecimiento de departamentos de control de calidad con algunas capacidades tecnológicas (R. Buitelaar *et al.*, 1999).

3. Al nivel de las empresas nacionales, las interacciones con las universidades y centros de investigación públicos y privados hacen que compartan y complementen sus capacidades y competencias, lo que implica una acumulación del conocimiento en los ámbitos locales, regionales y aun nacionales.

Es en este último nivel, donde podemos ubicar la integración de las capacidades y competencias en el campo de los materiales en México, que nos permite identificar algunas de las trayectorias que se siguen en la construcción de redes de conocimiento para la innovación, en donde la dimensión regional desempeña un papel clave en su desarrollo.

1.3. *La dimensión regional*

Las diferentes trayectorias que se han seguido para el establecimiento de las redes a partir de la integración de las capacidades científico-tecnológicas tienen una ubicación.

Es decir, una variable territorial entendida como una referencia explícita a su vinculación con un ámbito espacial, a par-

tir de aspectos tales como su emplazamiento, su localización y un sentido de pertenencia (De Bresson y Ammesse, 1991).

En este caso, lo local (las ciudades de Chihuahua y Querétaro) constituyen el marco y el punto de partida para el establecimiento de redes de cooperación entre los Centros de I-D y las empresas, que supone que se den cierto tipo de condiciones como serían: que exista el conocimiento de los otros, que se establezcan vínculos entre distintos agentes, que se construya y se apoye en un alto grado de confianza y de consenso entre las partes, y por último que todo ello tenga lugar en un ámbito concreto donde pueda cristalizar el intercambio desarrollado. El que se den tales condiciones, implica además, tomar en consideración la historia de estos lugares, que «hace referencia a áreas discretas [pero] elásticas en las que están localizados los emplazamientos para la construcción de las relaciones sociales y con las que los individuos pueden identificarse» (Moori-Koenig y Yoguel, 1998, 643). Es decir, como señalan los mismos autores, el sentido de pertenencia y afinidad al lugar que tienen sus agentes se «construye» mediante la continua interrelación con el medio y los demás agentes a partir de sus necesidades e intereses. Construcción que además cada vez más se caracteriza por «la anulación de la distancia por el tiempo, gracias al efecto de los modernos medios de transporte y comunicación en la vinculación de territorios».

Algunos autores han señalado, además, que otro elemento a considerar es el uso diferenciado del espacio de acuerdo a la lógica que se aplica en relación con el medio. A partir de ella se pueden distinguir dos tipos de lógicas de relación por parte de las empresas con las regiones en las que se establecen. Aquellas que establecen relaciones asimétricas con la región huésped y que en general presentan problemas para acercarse a la comunidad local; y por otro, las empresas que suscriben una lógica territorial que se construye con el intercambio y la cooperación de las redes locales. Redes que no se limitan a otras empresas, sino que se extienden a otros campos como socios con laboratorios de investigación, en colaboraciones con sistemas de educación y capacitación y a través de la cooperación con las autoridades locales.

Entonces, los sistemas productivos locales están influenciados en diferentes sentidos, de ahí que algunos estén mejor equi-

pados que otros para la innovación y la reestructuración de sus actividades. En este proceso además, es necesario tener en cuenta que este depende también de la capacidad regional circundante, para identificar correctamente las oportunidades que aparecen en el medio externo técnico y en el mercado.

Además, en el caso de las tecnologías de nuevos materiales, como han señalado Kozmetsky y Smilor (1989), al tener una gran difusión y un acceso importante a los mercados en expansión, debido a su diversidad y a sus múltiples aplicaciones, posibilitan el que se incrementen las oportunidades de una región o un país para el desarrollo y uso de tecnologías para apoyar sus necesidades a través del impulso tanto de nuevas industrias como de la renovación de las tradicionales.

En nuestro país, existen algunas regiones que cuentan con capacidades científico tecnológicas en el área de materiales, que se desarrollaron por iniciativa de distintos actores. Entre ellos se cuentan algunas grandes empresas nacionales ligadas a las industrias eléctrica, química y metalmecánica, como de Resistol, Condux, Comex, Tremec, Interceramic y Mabe que han establecido sus propios centros de I-D.

En la parte académica les encontramos fundamentalmente en los institutos tecnológicos estatales, los Centros CONACYT, los centros nacionales de investigación del sistema CINVESTAV y en menor medida en las universidades estatales, ocupando el último lugar las universidades privadas. En todas, se ha dado un importante esfuerzo por desarrollar el conocimiento tanto de la ciencia de los materiales y la ingeniería, como para la formación de nuevas habilidades y competencias de los recursos humanos.

Por último, en el sector gubernamental existen distintos esfuerzos encaminados a apoyar algunos sectores industriales ligados al campo de los materiales para promover el crecimiento económico y la competitividad tanto en el ámbito federal como estatal.

Si bien estas capacidades se han construido en diferentes ámbitos espaciales y con distinta temporalidad, constituyen la base para emprender un proceso de integración de sus capacidades y competencias para la generación de flujos y espacios regionales de conocimiento. Los que consideramos que posiblemente en una etapa posterior permitirán tal vez alcanzar formas de *leap-frogging* o procesos de *catch up* (Gu y Steinmueller,

1996) a partir del desarrollo de capacidades para absorber las tecnologías de punta en algunas industrias orientadas a la exportación, a través del incremento del control de calidad, la reducción de costos y la ampliación de los mercados.

En México entre los sectores que mantienen relaciones más estrechas con el campo de los materiales está el sector metalmecánico y sus usuarios, ello sin dejar de mencionar al sector químico o aún industrias tradicionales como la maderera y la cerámica. Se trata de sectores en donde se han detectado ventanas de oportunidad, tanto desde el sector académico como desde las empresas a partir de las cuales se construyó un conjunto de colaboraciones que han contribuido a la formación de redes de conocimiento cuyos puntos de intersección más importantes son Saltillo, Monterrey, Chihuahua, Querétaro y Mérida, a partir de los cuales se ha tejido un entramado de interacciones y relaciones entre diferentes actores (Casas *et al.*, 2000b).

En los casos que analizamos a continuación, Querétaro y Chihuahua, nos interesa identificar hasta que punto se están generando en el campo de los materiales espacios regionales de conocimiento, resultado de un proceso de aprendizaje y de flujo de conocimientos de base colectiva, en el cual tiene lugar una circulación compleja de conocimientos tácitos y codificados que se comparten y se complementan; donde lo local puede ser el marco que da inicio a la constitución de redes y de flujos de conocimiento, con un alto nivel de cooperación nacional y aun internacional.

2. El CIATEQ: la construcción de una oferta de capacidades tecnológicas

A pesar de que es relativamente reciente su desarrollo industrial, desde hace algunos años Querétaro es una de las entidades donde se ha dirigido una parte importante de la inversión nacional y extranjera, particularmente en manufacturas metálicas y partes para automóviles (41 %), siguiendo las ramas química y de plásticos (20 %), alimentos y bebidas (10 %), eléctrica y electrónica (9 %) y en una proporción menor otras ramas como textiles y ropa, papel, minerales no metálicos y por último, la industria maderera y sus productos. Un gran número de

empresas originarias del D.F. y de otras partes del país se ha mudado o establecido segundas plantas, de las que cerca de la mitad entró en operación a mediados de los noventa. Del total, más de la mitad corresponde a giros relacionados con autopartes, productos metálicos, alimentos, bebidas y servicios para la industria (*Expansión*, 1995).

En el caso de sectores como el metalmecánico, su crecimiento en general, obedece a un proceso de transformación de las empresas usuarias, en gran parte debido a que existe una tendencia creciente de las grandes empresas a buscar proveedores externos e integrarlos a la cadena productiva. Proceso que implica que el desarrollo de estos proveedores se apoye en una interacción mayor y más estrecha con diferentes actores localizados tanto en el ámbito local como en el nacional.

Es aquí donde intervienen los centros de I-D, que han adoptado diferentes estrategias para atender las nuevas necesidades de la industria, derivadas del incremento de la complejidad, el costo y el tiempo que necesitan las industrias asociadas con materiales para desarrollar innovaciones. Entre las estrategias puestas en práctica por los centros están: la detección de oportunidades y el desarrollo de capacidades para acceder al mercado, estrechando sus interacciones con el sector industrial; de la oferta de sus capacidades de desarrollo tecnológico, atendiendo a los requerimientos de las empresas; así como, de la obtención de mayores ventajas en campos de trabajo delimitados, derivados de la construcción de ámbitos concretos en donde cristalizar los intercambios.

La conjugación de estos elementos, que se traduce en una acumulación de las capacidades, pero también de la creación de nuevas, esta en la base de algunas de las trayectorias que se han tejido en diferentes centros de I-D para la construcción de redes de conocimiento. Redes que implican además interacciones con las empresas: para actividades relacionados con asesorías para la asimilación tecnológica, la venta de servicios técnicos especializados, el desarrollo de tecnologías, la formación de recursos humanos, el intercambio de información, el uso de equipo y la consulta de especialistas y la prestación de servicios y de subcontrataciones.

En la ciudad de Querétaro y sus alrededores se cuenta con un conjunto de centros y laboratorios en el área de materiales,

que aunque es muy variado en cuanto a sus misiones y objetivos y tienen historias diferentes, en los últimos años han logrado acumular experiencia y un cúmulo de competencias a partir del desarrollo de sus capacidades y especialización, adquiridas o creadas a partir de su relación con las empresas.

Entre estos están aquellos centros pertenecientes al sistema CONACYT, que fueron creados en épocas distintas: el CIATEQ (Centro de Investigación y Asistencia Técnica de Querétaro) en 1978, el CIDESI (Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial) en 1987 y el CIDETEQ (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica) en la década de los noventa, los cuales en mayor o menor grado se han especializado y/o complementado para atender las necesidades a diferentes niveles de varios sectores industriales localizados en la región, donde destacan las industrias metalmecánica, minera, de productos de minerales no metálicos, química, derivados del petróleo, eléctrica y electrónica, cuero y calzado y en menor medida el sector agropecuario. *Grosso modo*, el CIDESI se ha especializado en el desarrollo de la microelectrónica y los nuevos materiales y el CIDETEQ se orienta más al área electroquímica. Estos centros, en su interacción con el sector productivo han logrado acumular un conjunto de capacidades como son la experiencia en algunos campos tecnológicos, la formación de emprendedores y técnicos con una capacitación profesional dirigida a la solución de problemas tecnológicos y el establecimiento de algunas redes formales e informales (CONACYT, 1998).

Una segunda generación de centros, son aquellos fundados por empresas como Condumex, Mabe y Tremec; de manera paralela al CENAM (Centro Nacional de Metrología), de origen público, dirigido a atender las necesidades metrologías de certificación, la calibración de instrumentos y el desarrollo de materiales de referencia en el ámbito nacional (*Expansión*, 1997). Estos centros, a diferencia de los de la primera generación, fueron establecidos para atender a la industria en esta nueva etapa de recomposición, en la búsqueda de nuevas estrategias y cambios corporativos para incrementar su competencia en los mercados y de servicios directos en laboratorios para cumplir con las normas internacionales de calidad. Más reciente, es el Laboratorio de Materiales del CINVESTAV-Q, establecido a mediados de 1990.

Las nuevas políticas de «búsqueda de fuentes externas» de conocimiento para enfrentar la innovación y la competitividad de parte de las empresas, les han permitido al conjunto de los centros, abrir nuevas ventanas de oportunidad para fortalecer sus interacciones con el sector productivo, proceso que se puede observar en otras entidades del país, además de Querétaro.

En esta última, se documentan dos tipos de trayectorias instrumentadas por los centros, dirigidas a desarrollar sus capacidades y competencias para atender las demandas del sector productivo a través de su inserción en los flujos y redes de conocimiento y en la conformación de espacios regionales de conocimiento.

Así por un lado, analizamos un centro que ha transitado por diferentes etapas en su desarrollo y que ha tomado al mercado como el eje a partir del cual establecer una nueva lógica de organización para la transferencia de sus conocimientos; es decir, que ha puesto en práctica una nueva estrategia de desarrollo de sus capacidades al cambiar el esquema de *technology push* al de *market pull*, que ejemplificaremos con el CIATEQ.

Otra trayectoria distinta, que analizamos estaría representada por el Laboratorio de Materiales del CINVSTAV-Q, que ha dirigido el desarrollo de sus capacidades a la detección de algunos nichos de oportunidad tanto en el ámbito regional, como en el nacional, apoyándose en la identificación de algunos campos de desarrollo tecnológico con posibilidades de aplicación.

2.1. La creación de redes de conocimiento por los centros de investigación: el CIATEQ

El CIATEQ² al igual que otros centros, se fundó hace cerca de 20 años como parte de un esquema de descentralización de la investigación en el país, para atender la problemática regional y contribuir a la formación de grupos de investigación en

2. Mucha de la información de este apartado del CIATEQ fue obtenida de la página Web, de los catálogos de información que edita el centro (Actividades desarrolladas en el Área de Tecnología de materiales, 1997, Presentación del centro, 1998, CIATEQ la solución tecnológica, 1999) y de varias visitas *in situ* en 1997 y 1988 donde recorrimos las diferentes áreas y entrevistamos al ingeniero Felipe Rubio, director general, y al ingeniero Miguel Ángel Alcántara, director del área de tecnología de materiales.

provincia. Desde sus inicios, se constituyó como asociación civil, en la cual participaron el gobierno del estado, el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), LANFI (Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial) y varias industrias queretanas, entre ellas Industria del Hierro, Reconstructora Mexicana de Maquinaria Industrial, Transmisiones y Equipos Mecánicos, Spicer, Direc-Spicer, Autoforjas, Cardanes y Transejes (CONACYT, 1998).

Los objetivos que se fijó el centro³ en aquel entonces, fueron contribuir al desarrollo socioeconómico estatal a través del impulso a las industrias de la rama metalmeccánica y conexas, la impartición de asesoría técnica para el establecimiento de nuevas empresas y la prestación de servicios de asistencia técnica.

En los primeros años, el CIATEQ dirigió la mayoría de sus esfuerzos hacia el sector de bienes de capital, en particular al desarrollo de maquinaria como tractores, cosechadoras y aplanadoras para distintos fabricantes locales. Sin embargo, conforme avanzó la apertura económica del país, se fueron modificando los esquemas de comercialización y aumentó de manera importante la demanda de altos volúmenes de producción, haciendo cada vez más difícil que la industria pudiera competir en el ámbito internacional.

Este cambio, propició que el CIATEQ modificara su estrategia en dos sentidos. Por un lado, se inclinó por un esquema horizontal, cambiando de apoyar exclusivamente al sector de bienes de capital por la industria usuaria del sector metalmeccánico, abandonando así, el esquema vertical de colaboración con una sola empresa. Por otro, se propuso atender un mercado más amplio, que tuviera en consideración el doble efecto de la competitividad. El nuevo esquema supone que al mismo tiempo que aumenta la especialización, se requiere de mercados más amplios, pues no es suficiente la demanda en áreas limitadas. Por ello, una de las estrategias que adoptó el centro desde entonces, fue dirigir sus esfuerzos hacia una especialización más selectiva, en el sentido de concentrarse en unos cuantos temas a través de tecnologías genéricas. Así el objetivo buscado

3. En el capítulo 5 de este libro se encuentra otra información que puede complementar la visión sobre el CIATEQ, en este capítulo sólo incluimos la información relevante para el área de materiales.

fue transitar hacia esquemas más amplios que le permitieran generar servicios y proyectos de mayor valor tecnológico y económico y colocarse en los estándares internacionales a través de la atención al conjunto de la industria usuaria del sector metalmeccánico y metalúrgico (CONACYT, 1998).

Un ejemplo de esta estrategia puesta en práctica por el Centro, y para la cual cuenta con una infraestructura muy vasta, es la producción de algunos componentes para maquinaria que son útiles para una amplia variedad de industrias usuarias del sector metalmeccánico, cuya demanda original provino de la industria azucarera, pero que tiene aplicaciones en otras industrias como la cementera y la de papel. Es el caso de un tipo de engranes que fueron desarrollados en el CIATEQ a través del desarrollo de un software especializado para su diseño. Se trata de la innovación de un artefacto que ofrece ventajas significativas respecto del método tradicional de producción, tanto en término de costos, como por el uso de materiales especiales, entre otros. Como este ejemplo, existe una variedad de experiencias con diferentes industrias, que le han permitido al centro, desarrollar un conjunto de capacidades a partir de su experiencia con diferentes empresas. Adquirida a través de una variedad de actividades que van desde servicios y pequeñas mejoras y adaptaciones, hasta la asesoría en el diseño de producto y de procesos de manufactura para empresas como Tremec, Siden, Dina y Primsa.

Otra transformación fue la ampliación de la cobertura de sus actividades, que en sus inicios se circunscribió al ámbito regional, cambiando a partir de mediados de los noventa a realizar el 70 % de sus actividades fuera de la entidad, en el ámbito tanto nacional como internacional. Como lo muestra su colaboración con más de 350 empresas en México y la exportación de tecnología y productos tecnológicos a Estados Unidos, Inglaterra, Italia y Pakistán, entre otros. Ello es una demostración de la amplitud que ha alcanzado el ámbito de los receptores de sus servicios, productos y proyectos de desarrollo, tanto para diferentes empresas, como también para cubrir una amplia gama de sectores entre los que está el de alimentos, el metalmeccánico, de equipo y maquinaria, los productos de minerales metálicos y no metálicos, el químico, el de derivados de petróleo y el transporte.

Las estrategias antes mencionadas se puede afirmar que son el resultado de un acercamiento entre capacidades de conoci-

miento y necesidades de las industrias, y que las han llevado a la integración de redes tanto formales como informales, que como veremos más adelante están contribuyendo a la generación de espacios regionales de conocimiento.

La acumulación de capacidades antes mencionada, se refleja internamente, en la integración de diferentes servicios y proyectos en áreas con funciones específicas. En el caso del área de tecnología de materiales esta se formaliza en 1995 para aprovechar tanto las capacidades de desarrollo tecnológico, obtenidas a través de las relaciones informales del Centro; como a partir de la obtención de mayores ventajas en campos de trabajo delimitados a partir de la experiencia adquirida en el medio industrial, en la prestación de servicios y en la mejora e innovación de procesos y artefactos.

Es por ello que en el caso de esta área, el desarrollo y la creación de sus líneas de trabajo tiene su origen en un largo camino de servicios recorrido con la industria, que incluye: tareas de evaluación de materiales seleccionados, optimización de su uso y procesamiento, así como el manejo y obtención de materiales y productos (Alcántara, 1998).

El conjunto de estas actividades al momento de la formalización del área quedó integrada en tres divisiones:

- 1) Las actividades de servicios que están orientadas a satisfacer requerimientos específicos de los clientes para los que se realizan evaluaciones tales como: análisis de fallas, caracterizaciones, pruebas químicas, metalográficas, mecánicas, ensayos no destructivos, tratamientos térmicos, procesos de recuperación de componentes metálicos y procesos metalúrgicos de rutas de producción para diferentes materiales.
- 2) En la línea de producción, los productos y servicios tecnológicos que realiza el área son: fusión y vaciado de piezas de hierro gris y nodular, acero y aleaciones base cobre, proyectos específicos de polvos metálicos y, vaciado, centrifugado y fabricación de piezas y equipo.
- 3) La división de proyectos, dedicada a la investigación y desarrollo de tecnología de materiales ferrosos y no ferrosos dirigida a obtener aleaciones con mejores propiedades, así como a la innovación de procesos de fundi-

ción para su mejora, eficientización energética y reconversión a una industria limpia.

En general las actividades de las dos primeras divisiones del área de materiales, se apoyan fundamentalmente en redes informales que ha ido construyendo el centro de manera compartida entre los investigadores y los usuarios. Es decir, con aquellas empresas que han obtenido ventajas a partir del aprovechamiento de las capacidades complementarias encontradas en un centro como el CIATEQ, apoyadas en sus equipos instrumentales y de experimentación, de la misma forma que de otras apropiaciones intangibles, como son el conocimiento y las habilidades de los recursos humanos.

Para los proyectos, éstos se llevan a cabo a partir del estudio de las necesidades específicas de una empresa, mismas que sirven de base para el diseño de procesos, muchas veces innovadores para satisfacer requerimientos específicos, que pueden incluir una variedad de resultados como son: el desarrollo de nuevas aleaciones, de nuevas aplicaciones de materiales, de modelos de fundición; el diseño de procesos de fundición y el control de emisiones contaminantes y de procesos pirometalúrgicos. Aunque en todos los casos las actividades en esta línea de trabajo se orientan a las aplicaciones industriales, el alcance de estos proyectos puede implicar, además, actividades de desarrollo y/o de investigación en temas específicos de los proyectos (Alcántara, 1998).

No obstante lo anterior, en la medida en que en algunos casos los conocimientos se comparten y complementan con las empresas, solamente en contadas ocasiones se promueve su publicación y la obtención de patentes. Las patentes en general, solamente se hacen con las grandes empresas, ya que en otros casos se prefiere guardar la secrecía, o no se patentan y los conocimientos son compartidos en la medida en que son fundamentales y aplicados, pero son resultado de una colaboración. Es el caso de la caracterización de materiales solicitada por diferentes empresas, o también la creación de modelos de simulación por computadora para el estudio de nuevos procedimientos de fabricación y de rutas para la producción de materiales.

Para el conjunto de estas actividades, y dentro de una política institucional dirigida a la búsqueda de la autosuficiencia y la

instrumentación de la calidad, desde 1994, se puso en marcha un proceso dirigido al personal, para que los proyectos al mismo tiempo que representaran una fuente de ingresos para el centro, implicaran un proceso más formal de intercambio y compartimento de conocimientos tácitos y codificados entre los investigadores y las empresas. Para ello como se hace mención en el capítulo 5, se estableció tanto un sistema de evaluación, que retomaba ambos aspectos; como también, la instrumentación de una serie de medidas para que el conjunto del personal, pero en particular, los directores de área y los investigadores «se volvieran un poquito vendedores, que salieran a las industrias, que tuvieran forma de compartir sus experiencias y conocimientos» (Rubio, 1998).

A partir de estos cambios, paulatinamente «los proyectos empezaron a llegar de manera natural, dando inicio con proyectos de consultoría muy pequeños y que van fortaleciendo la relación hasta que se vuelve algo ya como una especie de interdependencia de la industria del centro para resolver su problemática tecnológica y del centro de ésta para continuar operando» (Alcántara, 1998).

Estos cambios se apoyaron en la experiencia personal de algunos directores, la cual como en otras áreas ha sido capitalizada por centros como el CIATEQ, de tal manera puedan funcionar en gran medida como traductores tecnológicos. Un ejemplo es el director de Tecnología de Materiales, quien con antelación a su ingreso al centro, había estado involucrado en proyectos con la industria en esta área, así como en el desarrollo de algunos productos a partir de polvos metálicos, ya que el mismo fue propietario de una empresa. De tal suerte, que el proceso de acumulación de capacidades tanto en el área de materiales como en otras, prácticamente se inicia con la fundación de CIATEQ, las cuales han sido reforzadas a través de uno de sus postulados que establece que «quien conoce técnicamente el asunto es el que puede convencer al empresario de que él va a resolver su problema» (Rubio, 1998).

Con esta nueva estrategia de incluir la comercialización y asesoría en un área como la de materiales se han logrado establecer redes con posibles usuarios del conocimiento. En las que ha desempeñado un papel clave tanto el director del área como los técnicos e investigadores, ya que un número importante de

proyectos se debe a las relaciones y redes del personal. De ahí que las nuevas políticas de evaluación mencionadas en el capítulo de telecomunicaciones, las fomenten y tomen en consideración nuevos elementos como lo es en primer término el proceso de aprendizaje que conllevan estas nuevas formas de constituir redes. Proceso que implica que desde la búsqueda de posibles usuarios, el establecimiento de contactos, pasando por el cálculo del costo de un proyecto hasta su ejecución, es necesario tener tanto los conocimientos técnicos para entender las necesidades que les son planteadas de parte de las empresas, el planteamiento de cómo resolverlo teniendo en consideración las capacidades del centro, así como el costo del proyecto.

Se trata de un proceso en el que la solución de los problemas técnicos requiere de planteamientos de investigación aplicada, en los cuales es muy diversa la participación de personal. Así por un lado, participa personal técnico especializado tanto del Centro como contratado por obra determinada, en ocasiones personal de las empresas; como también toman parte estudiantes de maestría y doctorado, los cuales provienen de los diferentes posgrados en los cuales tiene injerencia el CIATEQ.

En general, hasta muy recientemente, una gran parte de las colaboraciones con las empresas en el área de materiales se sigue haciendo de manera informal. Es decir, el reconocimiento del centro como proveedor de parte de los clientes a través del desarrollo de algunas de las líneas de trabajo, la prestación de un servicio o la producción de una pieza obedece todavía en buena parte a la opinión positiva que un cliente se forma en términos de la calidad de una pieza o producto o de un material dado, del tiempo de entrega y en general de las ventajas obtenidas. Es decir, como señalaba el director del área de tecnología de materiales, la vinculación «no ha sido parte de un plan estratégico, o de un plan muy elaborado, [sino que más bien ha sido] circunstancial y meramente dependiendo de las situaciones y relaciones entre la gente que hubo en cierto momento» (Alcántara, 1998).

Sin embargo, a pesar de que la interacción o la definición y desarrollo de los mercados en sus inicios fueron más circunstanciales que parte de un programa estratégico y que todavía muchos de los vínculos con el sector productivo conservan un carácter informal, en otros casos estas experiencias y las capacidades tecnológicas desarrolladas han sido aprovechadas e inte-

gradadas por el CIATEQ para colocarse en algunos nichos de mercado, y atender a una variedad más amplia de usuarios del sector metalmecánico y metalúrgico. Un esfuerzo en este sentido, fue la obtención en 1999 de la ISO-9000.

No obstante, a pesar de que para muchos de sus procedimientos, en particular los de vinculación, todavía no se cuenta con mecanismos formales y no está definida una estrategia institucionalizada, existen algunas trayectorias de colaboración con las empresas, que se traducen en movilización de recursos, en redes específicas de actividades y en la obtención de resultados. Algunos de los proyectos que se tienen con la industria pueden servir de ejemplo para ilustrar estas trayectorias.

La construcción de la confianza técnica: reconocimiento de las capacidades entre las empresas usuarias

Una constante en la contratación de los proyectos desarrollados en el área de materiales con las empresas es el desarrollo de la confianza técnica que el centro ha logrado generar en el entorno industrial de la región y fuera de él. Confianza que se ha construido a través de un proceso de acumulación de capacidades, a partir de las referencias entre clientes industriales de distintos tamaños y actividades. El incremento en la productividad de las empresas y en la calidad de sus productos son los aspectos más importantes para los usuarios que recurren al CIATEQ. En su gran mayoría, las interacciones se han iniciado con proyectos de consultoría y pequeños servicios (lo que denominan proyectos gancho), cuyos resultados se han constituido en referentes que han contribuido a que se fortalezca la relación con algunas empresas o grupos de empresas y se llegue a convertir en una relación de cierta interdependencia, donde la empresa depende del centro para resolver una parte de su problemática tecnológica y este de aquellas para continuar operando. Ello es posible además, a través de la interacción con otros centros semejantes de la entidad, a través del intercambio de información, de la prestación de servicios y subcontrataciones, del intercambio de especialistas y del uso de equipo. Para esto es muy importante la ubicación del centro en un entorno industrial, de manera que para el desarrollo de un prototipo se cuenten con insumos y la proveeduría de servicios como los talleres

para el maquinado, además de que se puedan dar interacciones con las cámaras, con las asociaciones industriales, etc., que de alguna manera se constituyen en referentes «que aunque no sea el cliente, [dicen] pues mira allá saben de tornillos y tuercas, ve a verlos como hacen procesos de soldadura o de lo que fuera» (Alcántara, 1998).

Es a partir de la generación de la confianza lo que ha permitido conseguir cada vez de manera más frecuente proyectos de mayor envergadura, tanto en términos financieros como tecnológicos. En la cual se han seguido dos tipos de trayectorias.

A través de los servicios, es decir aquellos en que las empresas de diverso tamaño, acuden al centro y les compran una asesoría (*lección*), una pieza, la recomendación de una pieza o un diseño. Se les entrega un producto y ellos lo usan generalmente en aplicaciones especiales. De estos casos se tienen una gran variedad reportados por el área de materiales, en donde las empresas hacen la demanda de una pieza, algunas de las cuales son muy singulares, por ejemplo las que son para las industrias petroquímica, química y alimenticia, que tienen requerimientos muy especiales «y que nadie sabe exactamente cual es el material de la pieza que va ahí y entonces viene aquí y nosotros le decimos el material es este y lo que ahí va es ese material, es una línea de trabajo. Nosotros les hacemos superaleaciones, aleaciones en bronce, etc., les hacemos el trabajo hasta en polvos. Es una línea de trabajo denominada productos especiales. En algunos casos es convencional y en muchos casos significa un desarrollo» (Alcántara, 1998). Este tipo de demandas, las cuales a pesar de ser clasificadas como servicios, puede conllevar un complejo proceso de circulación de conocimientos tácitos y codificados, que como señalábamos en la introducción del capítulo en el caso de muchas de estas piezas, es necesario tener conocimientos altamente especializados de la estructura de la materia, de tal forma que se puedan diseñar algunas de sus características. Proceso que marca un cambio muy importante, respecto del tratamiento de los materiales tradicionales, basados fundamentalmente en procesos como el de refinación. Así, aunque en muchos casos se trata de mejoras e innovaciones menores, es precisamente lo que caracteriza a la tecnología de los materiales, es decir, que su concepción se da a partir de la utilización específica que se le va a dar, para lo cual

es necesaria la interacción entre usuarios y productores del desarrollo tecnológico, en este caso del sector académico.

La otra forma en como se han extendido las actividades del CIATEQ, es a través de la movilidad del personal, fundamentalmente del centro a las empresas; es decir, de investigadores o técnicos que se trasladan a laborar en las empresas. De tal manera que el primer contacto puede dar inicio a partir de la información que tiene el antiguo investigador o el técnico sobre las capacidades del centro, tanto en materia de conocimientos, como también de infraestructura, que pueden ser de utilidad para resolver la problemática planteada por una empresa en particular. A partir ello, se ha ido transitando del nivel individual de aprendizaje en un área como la de tecnología de materiales, encargada de desarrollar un proyecto planteado para resolver una problemática particular de una empresa, al establecimiento de una serie de mecanismos que al final se pueden traducir en un portafolio de vínculos tanto para una empresa como para un grupo de estas pertenecientes a una rama industrial; el cual además debido a su complejidad puede implicar el concurso de varias áreas del CIATEQ. Este proceso ha desembocado en la creación de un espacio regional de conocimiento en el cual se da una movilización de recursos entre las empresas y varias áreas del centro, apoyada en una red específica de actividades, como serían cursos especializados, formación de recursos y seguimiento de actividades de algunas empresas entre otras; así como de la producción de resultados, que se pueden traducir en diversos tipos de proyectos como los reseñados a continuación.

Los proyectos con la industria azucarera, un nicho de mercado a partir de la construcción de referentes para la cooperación

La larga historia de vínculos del CIATEQ con la industria azucarera, que comenzaron tempranamente cuando uno de sus directivos se traslada a dicha industria y retornó al Centro en busca de asesoría, ha permitido que el área de tecnología de materiales entre otras, comparta con este sector un cúmulo de conocimientos, en particular en la caracterización de materiales y en el diseño y elaboración de piezas especiales. El conjunto de estos conocimientos, combinados con otros que se han acumu-

lado en otras áreas del centro le han permitido establecer numerosos proyectos en esta industria; de tal suerte que la colaboración se ha convertido en un nicho de mercado tanto para el área de materiales como en general para el Centro.

Como es reconocido en el CIATEQ «es un nicho, porque la gente viene y llama y llama y el volumen de facturación para ellos es alto y el margen es atractivo, y nadie más va a hacer ese servicio, el proceso de ingeniería, el proceso de materiales» (Alcántara, 1998).

Un ejemplo del primer tipo de proyectos, es decir de producción de piezas especiales, es aquel que dio como resultado la elaboración de un componente para la molienda del azúcar. El proyecto implicó un trabajo de investigación muy activo que se basó en el contacto constante, de largo plazo y cada vez más estrecho con esta industria. En este caso, se llevó a cabo un análisis de la experiencia del comportamiento del proceso de molienda y producción, que permitió acumular la experiencia de numerosos ingenios mexicanos a lo largo de una década, con los cuales se tiene ya una larga historia de intercambio y de contactos para la resolución de sus problemas. En este caso, a partir del análisis de las estadísticas de la industria sobre errores y retrasos en el proceso de producción, se encontró que una de las causas más frecuentes y costosas de paro no programado en el proceso de la molienda se debía a fallas en el funcionamiento de algunas piezas, en este caso de las flechas de transmisión. En la búsqueda de una solución, el CIATEQ desarrolló por una parte, algunos modelos específicos para llevar a cabo una evaluación cuantitativa de las zonas de concentración de esfuerzos y de los riesgos de falla por fatiga y por otra, de las alternativas más viables de mejora de diseño que incluyó tanto el comportamiento de materiales aleados como de tratamientos térmicos diferenciados por zonas de la pieza.

Con la industria azucarera hay una gran variedad de proyectos como el reseñado, a lo largo del entramado de colaboraciones que se han tejido durante varios años y que ha conducido al seguimiento de una segunda trayectoria de vinculación.

Otra trayectoria de vinculación es aquella que transita del nivel de aprendizaje organizacional tanto de parte de las empresas como de los centros de investigación como el CIATEQ, hacia el desarrollo de referentes para la cooperación que van sien-

do transferidos de un proyecto a otro, y que llevan a la construcción de redes, en las cuales se pueden observar flujos de conocimiento entre diferentes actores. Un proyecto que refleja esta trayectoria, es el convocado por la Fundación Produce Jalisco, A.C., que detecta la necesidad de apoyo técnico-científico-económico del sector agroindustrial de caña de azúcar para los estados de Jalisco y Colima. Con ese propósito, y con base en la búsqueda de instituciones con conocimientos en disciplinas como la biotecnología, la agronomía, la fitopatología y el diseño de maquinaria, convoca a instituciones como el INIFAP, el CIATEJ y el CIATEQ, con las cuales establece un proyecto integral denominado «Producción de caña de azúcar y su cosecha mecanizada en verde». Al CIATEQ, se le asignó la parte de mecanización con base en sus «antecedentes de proyectos de mecanización realizados anteriormente». De igual manera, al INIFAP se le encargó de la parte agronómica del proyecto y al CIATEJ la parte de biotecnología para la producción de plantas. De entre los resultados obtenidos por el CIATEQ, se propusieron varios equipos que se patentaron, se realizaron consultas con los usuarios del proyecto que llevaron a la modificación de algunos equipos, y en el caso de equipos comerciales útiles, el centro participó en su selección, tanto desde el aspecto técnico como el comercial.

En ambos ejemplos, es clara la importancia que tiene la industria azucarera para el CIATEQ, resultado de ello es que entre 1994 y 1998 se atendió a cerca de 25 ingenios localizados en todo el país y que en términos de ingresos significó un alto porcentaje de los ingresos extraordinarios del Centro. Además, como se mencionaba anteriormente, la experiencia que han logrado acumular, les ha permitido extender y compartir los conocimientos con otras empresas usuarias del sector metalmeccánico. Dicha trayectoria en la medida en que ha llevado a la constitución de redes en las que intervienen una multiplicidad de actores que han podido canalizar los flujos de conocimiento hacia diferentes tipos de objetivos, nos llevan a pensar que el CIATEQ podría ser considerado como un espacio regional de conocimiento.

*Hacia una interacción entre usuarios y productores:
la industria minera*

El sector minero es otro de los sectores atendido por el área de tecnología de materiales, que ha crecido no sólo en términos del monto de los recursos, sino también de la complejidad tecnológica que conllevan sus proyectos. En aquellos que implican desarrollo tecnológico se incluyen desde procesos pirometalúrgicos, aleaciones y materiales especiales, hasta proyectos de desarrollo de procesos de producción y construcción de equipo. Entre estos se pueden mencionar el desarrollo de procesos de refinación, de producción de polvos, de distintos tipos de aleaciones, del montaje de una instalación para refinación y el control de emisiones en procesos pirometalúrgicos.

Al respecto, destaca un importante desarrollo que benefició al área de fundición y siderurgia. Se trata del diseño de un horno tipo cubilete con un sistema para el control de la emisión de contaminantes, en el cual a partir de la concepción y diseño de un proceso mecánico, se lograron eliminar los residuos sólidos de la combustión. Los resultados de este proyecto son de gran significación, pues además de resolver la problemática planteada por una empresa en particular, se constituyó al mismo tiempo, en una solución integral a la problemática de la fundición de hierros, ya que el horno construido en el CIATEQ tuvo como resultado una serie de ventajas y soluciones respecto a otros artefactos del mismo tipo en el mercado, como son el control de la contaminación, la modernización tecnológica de la fundición de hierros, la reducción en los costos de operación, y el evitar el uso de agua.

En el caso de los proyectos relacionados con la instalación de procesos, que pueden implicar hasta la instalación de una planta de producción completa, estos han dado lugar a dos tipos de resultados. Un ejemplo es la planta para tratamiento de oro desarrollada y patentada para una importante compañía minera —Compañía Minera San Felipe—, que puede ser vista como resultado de un proceso de acumulación de capacidades y como expresión de las habilidades y competencias de la ingeniería de diseño de plantas, existente en el CIATEQ. Del proyecto anterior además, se desprendieron nuevas propuestas de colaboración, que implicarían innovaciones en el campo de la tec-

nología de materiales. Es el caso de un proyecto para fabricar piezas con polvos metálicos; se trata del desarrollo de una tecnología que en México no existe ya que todo se importa de Estados Unidos y Canadá. La diferencia con el proyecto inicial del que se desprendió esta propuesta es que implica un desarrollo tecnológico, para el que ya se disponen de las capacidades necesarias para llevarlo a cabo. Para ello se incorporó a gente de Cuba a través de su Centro de Investigaciones Metalúrgicas y de la parte mexicana, de Condumex. Además de la participación de grandes empresas especializadas como Sidermex.

Las trayectorias que ha seguido el centro, en palabras del Director de Tecnología de Materiales podrían resumirse como sigue: «El conjunto de los proyectos los conseguimos por un negocio comercial. Dichos proyectos tienen un origen tantito circunstancial y tantito estratégico. Por ejemplo, con relación a las plantas, una completa y el principio del proceso para otra, fue a través de un vínculo. Nos vinculamos con el centro de investigación de ellos, a través de un mecanismo convencional: ellos vinieron, nosotros fuimos y ellos dijeron está bien y vinieron y entonces ahí se desarrolló una muy estrecha cooperación con esta empresa. Son ortodoxos, pues ellos tenían un contacto con las empresas que no era muy acreditado por la misma historia de que los señores de las plantas son escépticos, pero el Centro es muy buen lugar, entonces ellos están en el vínculo de las plantas y el dueño del negocio dijo tú te vinculas con éste y tú con éste y hacen negocios juntos y entonces ese mecanismo lo hemos estado trabajando duro» (Alcántara, 1998).

Como se desprende de los casos mencionados en párrafos anteriores, la acumulación de conocimientos que ha logrado integrar el CIATEQ a partir de su experiencia con el sector metal-mecánico y sus usuarios le han permitido construir redes en diferentes niveles, a través de las cuales se pueden identificar flujos de conocimiento en varios sentidos. Que en conjunto han permitido la integración de un espacio regional de conocimiento. Este en un futuro, podría servir de base para la conformación de lo que algunos autores han denominado sistemas tecnológicos. Es decir, definidos como «una red de actores basada en flujos de conocimiento y competencias interactuando en un área tecnológica específica bajo una infraestructura o conjunto de infraestructuras, que incluye la generación, difusión y utili-

zación de tecnología», los que en conjunto pueden constituir los sistemas nacionales de innovación (Carlsson y Stankiewicks *apud* Autio y Hameri, 1995).

La complementariedad y el compartimento de los conocimientos a través de los recursos humanos

Una tercera trayectoria esta relacionada con la formación de los recursos humanos donde se pueden distinguir varias vías. Una es aquella dirigida a la formación de estudiantes de maestría y doctorado a través de un programa de posgrado impartido en combinación con otros centros CONACYT de la región. Los alumnos, son recursos humanos provenientes de distintas instituciones de educación superior, que al término de sus estudios se integra a las empresas, junto a personal enviado directamente por las empresas que en muchas ocasiones acuden al CIATEQ para la solución de problemas técnicos, que se convierten en sus temas de tesis. Una segunda vía, esta relacionada con la contratación de técnicos para proyectos muy puntuales, que después son reclutados por las empresas. El tercer tipo se refiere a los cursos, en temáticas demandadas de manera directa por las empresas o en otras, en las que el centro ha desarrollado capacidades y por tanto puede ofrecer soluciones.

Una cuarta vía es aquella que tiene lugar durante la realización de un proyecto, es decir a través de la interacción con los usuarios, la que no solamente se establece a través de los proyectos llave en mano, sino que implica un proceso más complejo. Proceso que implica compartir y complementar los conocimientos entre ambas partes, a través de la asistencia tecnológica de sus recursos humanos, tanto para el proceso de asimilación como para las labores de mantenimiento.

En general y de acuerdo a un estudio de imagen que el propio centro realizó, quedo constancia de que del total de los clientes nuevos, cerca del 45 % es referido por otros industriales, lo cual de acuerdo a sus conclusiones es un reflejo del nivel de satisfacción de las expectativas y requerimientos técnicos que proporciona CIATEQ. En términos de un análisis de redes, esto es una expresión de cómo se ha tejido un entramado en el cual participan distintos tipos de actores y en diferentes niveles de interacción.

Con la experiencia que ha tenido el área de acuerdo a los clientes con los que ha colaborado, el perfil sería el siguiente. Con relación al tamaño de las empresas con las que interactúa son en su mayoría de medianas a grandes y con una orientación hacia el sector metalmecánico. En términos de las características que estas empresas tienen, pueden mencionarse las siguientes: que en su estructura tengan un departamento técnico o un interlocutor con un enfoque de trabajo técnico para su empresa; es decir, que idealmente tengan un departamento de ingeniería o de investigación y desarrollo; en segundo lugar, que tenga conocimientos técnicos y se oriente a la adopción de soluciones locales a sus problemas de carácter tecnológico, es decir que tenga cierta capacidad técnica y aptitud para el desarrollo de apoyos o tecnología local; en tercer lugar, que posea experiencia en el uso de recursos tecnológicos nacionales y por último, que tenga una estructura para la toma de decisiones flexibles (CIATEQ, 1997).

En suma, si tomamos en consideración algunos de los datos anteriores, se puede afirmar que en el CIATEQ se observa un esfuerzo articulador de diferentes actores, a través de la movilización de recursos de distinto tipo y en diferentes sentidos; el establecimiento de una red de actividades, para la búsqueda del conocimiento y, de la producción de resultados, traducido entre otros, en la venta de servicios tecnológicos, asistencia técnica y proyectos de desarrollo tecnológico, que responden a los nuevos requerimientos de sectores como el metalmecánico.

A continuación, haremos referencia a una segunda trayectoria que ha empezado a ser construida a partir de la identificación de las capacidades existentes en el ámbito local, así como de la detección de la demanda de algunos sectores industriales.

El Laboratorio de Materiales del CINVESTAV-Q, identificación de campos del desarrollo tecnológico hacia objetivos sociales

El Laboratorio de Investigación en Materiales del CINVESTAV-Q es el centro más joven⁴ de la región y forma parte de la política de descentralización y de establecimiento de unidades

4. La información de este apartado se obtuvo de la página web del CINVESTAV-Q de visitas *in situ* a las instalaciones del Centro durante el mes de junio de 1998 y de

foráneas del sistema CINVESTAV, pero con una lógica distinta a la de otras etapas en la creación de centros de I-D.

En este caso, tres elementos fueron definitivos para su establecimiento en Querétaro. Por un lado, la realización de un estudio de mercado que concluyó que los campos en los cuales era necesario ampliar la infraestructura científico-técnica de la región eran la ingeniería mecánica y los materiales. En segundo lugar, la existencia de un grupo emprendedor con vocación tecnológica encabezado por su director, proveniente de la unidad Saltillo, perteneciente al mismo sistema en la cual se ha constituido una red sobre materiales metálicos y cerámicos. Un tercer elemento, que llevo a tomar la decisión definitiva, lo constituyó el Proyecto Juriquilla, el cual forma parte del programa de descentralización de la UNAM en el cual participa también la Universidad Autónoma de Querétaro, mismo que fue programado para establecer una estructura completa de licenciatura, maestría y doctorado dirigida a promover un flujo de conocimientos y recursos humanos en el área de materiales, teniendo como objetivos compartir tanto posgrados comunes como el desarrollo de proyectos de investigación aplicada.

Su establecimiento entonces, puede ser ubicado como resultado de un conjunto de iniciativas, donde la existencia de capacidades en la región fue una de las claves, y donde el CINVESTAV-Q viene a complementar y a aumentar la oferta de atención a las necesidades locales, tanto a nivel de formación de recursos especializados de alto nivel como de actividades de investigación para los medios académico y del sector industrial.

El Laboratorio de Materiales a diferencia de otros centros como el CIATEQ, ha seguido desde un principio una estrategia distinta. Así, más que al desarrollo tecnológico, está dirigido a la investigación aplicada, además que abarca distintas áreas, el laboratorio está tratando de moverse exclusivamente en el área de los materiales avanzados, es decir del desarrollo de materiales específicos para aplicaciones especiales. Su personal está integrado por investigadores con especialidades en ciencia e ingeniería de materiales inorgánicos y biomateriales. Para ello cuentan con una infraestructura que le sirve de sustento como

entrevistas al director del Centro Jesús García y a responsables de proyectos como Juan de Dios Figueroa, encargado del proyecto de nixtamalización de la tortilla.

son los laboratorios de Caracterización de Materiales, de Microscopia de Fuerza Atómica, de Microscopia Raman, de Foto-luminiscencia, de Fotoacústica y de Biotecnología.

Una de sus preocupaciones centrales, es que sus proyectos cumplan un objetivo social. Sus líneas de investigación principales son entonces los materiales inorgánicos y biomateriales, materiales compuestos, biológicos, optoelectrónicos, recubrimientos y semiconductores. En esas líneas se ubican algunos proyectos en los cuales se trata de desarrollos que ningún laboratorio de la región esta desarrollando, pero para los cuales se cuenta con clientes potenciales que pueden ser empresas, asociaciones de productores o incluso organismos estatales.

Con este propósito, algunos de los proyectos se han planteado a partir de la existencia de empresas en la región que son usuarias potenciales del tipo de desarrollos que se están realizando como seria el caso de los recubrimientos con diferentes tipos de materiales.

Paralelamente, hay otros proyectos, dirigidos hacia la resolución de necesidades más amplias de la población, que se ubican en la línea de materiales orgánicos o en materiales optoelectrónicos (García, 1998).

Proyectos concebidos a partir de la detección de usuarios potenciales

Un ejemplo de este tipo de proyectos, son los establecidos con empresas como Condumex, mismos que han sido resultado de la iniciativa de ambas partes. De la empresa, a partir de su conocimiento de las líneas de investigación en recubrimientos compuestos y del reconocimiento de las capacidades de los grupos de trabajo del Laboratorio. En el caso Condumex, un elemento clave que facilita los contactos es que se trata de una empresa que cuenta tanto con una larga tradición en colaboraciones, como también del papel de sus directivos, ya que además cuenta con un centro de investigación y desarrollo a través del cual se pueden traducir las necesidades de la empresa. Por parte del Laboratorio, de la capacidad para desarrollar productos de utilidad para la empresa, los que aunque están en su etapa preliminar, tienen amplias posibilidades de responder a sus necesidades. Este sería un ejemplo de complementariedad

del saber tecnológico entre la empresa y un centro de investigación para el desarrollo de nuevos productos.

Un proyecto, también en la línea anterior es un recubrimiento para cobre desarrollado en el Laboratorio, para el cual se detectaron varios clientes potenciales entre ellos dos grandes empresas; sin embargo, a fin de que sirviera a un universo más amplio de aplicación se ofreció a la Asociación de Artesanos de Santa Clara del Cobre, de Michoacán. Para la etapa inicial de prueba del producto se contó con fondos públicos entre ellos del CONACYT y para el proceso de preparación del material hubo apoyo técnico de un CECATI de la localidad, que contaba con los recursos humanos y la infraestructura necesarios para el desarrollo del material y el proceso de transferencia de tecnología.

La orientación del conocimiento hacia objetivos sociales

Los materiales nuevos constituyen otra línea de investigación del Laboratorio, que pueden ser compuestos de diversos materiales ya existentes derivados u obtenidos a partir de su reestructuración y producción. Se trata del rediseño de materiales tradicionales, el cual ha sido concebido como una línea genérica que se inscribe dentro de la atención a la resolución de necesidades básicas de la población, como son la alimentación y la vivienda. Es el caso de un proyecto en el área de tecnología de alimentos, denominado modernización tecnológica de la producción de tortilla, y de otro menor, pero no menos importante de producción de material de construcción a partir de un material tradicional como el adobe. El proyecto de la tortilla, fue concebido en la unidad del CINVESTAV-Salttillo. Se trata de un proyecto que permitió integrar de tiempo atrás, al núcleo fundador del laboratorio, y a partir del cual se conformó un equipo multidisciplinario que ha abordado el proceso de nixtamalización de la tortilla, desde diferentes frentes. Se trata de un proyecto que abarca desde la resolución tecnológica de los principios básicos del proceso de elaboración de la materia prima hasta el equipo necesario para la producción de la masa nixtamalizada.

Finalmente dentro de la línea de investigación de materiales aplicados para resolver necesidades sociales, en este caso en el campo de la salud, estaría un proyecto para desarrollar un implante de un oído optoelectrónico, en el cual participan el pro-

pio laboratorio, investigadores de la UNAM y de dos instituciones de Ucrania.

Junto al tipo de proyectos antes señalados, existen otras diferencias con centros de I-D como el CIATEQ, y en el cual se incluye el Laboratorio. En general, en la mayor parte del sistema CINVESTAV, los centros que lo integran al estar dedicados preponderantemente a la investigación científica, hace que los proyectos sean de investigación aplicada, y no de desarrollo tecnológico. Por lo mismo, en caso de que se puedan transferir sus resultados, el proceso se hace a través de un intermediario. Que puede ser una empresa o una institución como los centros tecnológicos CECATI, en los que se cuenta con la infraestructura, el personal y las condiciones necesarias para desarrollar el proceso. Es decir, que si se compara con los centros del sistema CONACYT, el flujo de conocimientos es mucho más limitado y donde pareciera que estuviera todavía predominando el modelo lineal de vinculación.

A pesar de tales limitaciones, si hacemos la comparación, un proyecto que en el futuro puede llegar a encontrar demanda es la formación de recursos. En este caso, dada la orientación que ha seguido Querétaro en los últimos años, de abrir sus puertas a un conjunto de filiales y proveedoras de las grandes empresas en el sector metalmecánico y sus usuarias, podrían empezar a modificar sus prácticas al sumar personal altamente calificado para sus plantas, como parte de la tendencia que se observa en otras regiones del país. En las cuales, ingenieros y egresados de programas de posgrado se encargan del establecimiento de las plantas y del equipo, además de actividades de control de calidad y de mejora de especificaciones y diseño de productos.

Hacia la integración de nuevas capacidades en la región

Al igual que los otros centros, la formación de recursos especializados y de alto nivel forma parte de la estrategia seguida por estos centros. En el caso del CINVESTAV-Q, su participación se puede ubicar en varios ámbitos. En la localidad, uno de los objetivos de establecerse en Querétaro es para participar en el proyecto de formación de recursos impulsado por el grupo de Física Aplicada y Tecnología Avanzada del proyecto Juriquilla de la UNAM, el cual integra a la UAQ a través de sus posgrados

de ingeniería y química. Como parte de dicho proyecto se inscribe la creación de una maestría en ciencias con especialidad en materiales, con la participación de las tres entidades educativas antes mencionadas. Otro ámbito de interacción con los centros de I-D es el intercambio de su personal: para la realización de estancias sabáticas, el planteamiento de proyectos comunes, la elaboración de tesis con estudiantes de instituciones de la región en distintos proyectos y el acceso a la infraestructura y bases de datos e información de las diversas instituciones de la región. A nivel regional se han realizado proyectos con entidades cercanas donde existen grupos de investigación en materiales como San Luis Potosí y Guanajuato.

En el caso del Laboratorio del CINVESTAV-Q, se puede concluir que se trata de un centro que aunque apenas comienza, al igual que otros centros del sistema CINVESTAV hacen esfuerzos por vincularse con la industria. Los cuales se dificultan primero porque no se cuenta con una política de vinculación institucional, y en segundo lugar a que los conocimientos y procesos que ofrece, tienen que ser complementados con otros centros para integrar un producto técnico que pueda ser aprovechado por los usuarios, como el proyecto del recubrimiento del cobre. En el caso de otros proyectos, con posibilidades de que los conocimientos se transfieran a la región y la industria, como el proceso de nixtamalización de la tortilla —que cuenta incluso con varias patentes— no se han encontrado empresas que tengan las capacidades económicas y tecnológicas para absorber dichos proyectos (Figuerola, 1998).

Así en la generación de espacios de conocimiento en este campo, el Laboratorio de Materiales, se ha centrado en las redes académicas interinstitucionales construidas por los investigadores; las cuales se tejieron desde Saltillo, Coahuila en donde se gestó el núcleo fundador de Querétaro. Lo que resalta de este centro es la conformación de redes académicas interinstitucionales, que en el mediano y largo plazo puede contribuir al proceso de complementariedad y de recombinación de capacidades, contribuyendo a la generación y circulación del conocimiento y en última instancia a la creación de nuevos espacios regionales de conocimiento.

3. Chihuahua. Una estrategia industrial inducida

Hasta la década de 1970, la entidad prácticamente vivía de la comercialización de sus recursos naturales, es decir de la agricultura y ganadería y de la industria minera y maderera. Es hasta la siguiente década que tanto el gobierno estatal como los organismos empresariales locales llevaron a cabo la elaboración de una serie de estudios estratégicos dirigidos a identificar las alternativas más viables que sirvieran de base para impulsar a la entidad.

En esos años, fueron detectados aquellos sectores con las mayores posibilidades de desarrollo, entre las que estaban las maquiladoras y el turismo; sin embargo la recesión del país vecino retrasó dichos planes. En 1990 el gobierno estatal retomó nuevamente el proyecto y contrató los servicios de la firma consultora internacional Stanford Research Institute International, que se encargaría de poner en marcha el proyecto denominado *Chihuahua Siglo XXI*, que contemplaba tres etapas: identificar las fuentes de ventajas competitivas regionales, darles forma de clusters y trabajar alrededor de ellos para promover los mercados en crecimiento. Entre los clusters que se identificaron estaban: el agropecuario y de alimentos, productos forestales, industria automotriz, industrias y materiales, textiles y ropa, electrónica y máquinas y servicios de negocios (*Expansión*, 1993). En este proyecto destacan Chihuahua y Ciudad Juárez.

La realización del proyecto, implicaba el compartir responsabilidades y la coordinación de acciones entre el sector privado y el gobierno. Para ello, las medidas tendientes a apoyar el proceso de desarrollo económico basado en los clusters dio inicio en 1991 y dos años más tarde se puso en marcha con la participación de empresarios y de los sectores laborales y educativos, así como de los tres niveles del gobierno. El objetivo era impulsar el fortalecimiento de los clusters todavía incipientes proporcionándoles la información necesaria sobre oportunidades en el mercado, el desarrollo de capacidades y la atracción de inversiones en las áreas débiles de la cadena. El plan estaba concebido para contribuir a reducir la distancia entre los proveedores locales y los estándares internacionales requeridos, a través del desarrollo de insumos, así como de la atracción de proveedores estratégicos, facilitando los vínculos y

contribuyendo a la creación de un ambiente favorable a través de políticas de distinto tipo, medidas legislativas, procedimientos e infraestructura. Para su puesta en práctica se apoyaba en una alianza estratégica de los diferentes actores, los que deberían compartir responsabilidades y de llevar a cabo acciones coordinadas. Entre los mecanismos para poner en marcha el proyecto estaban la mejora de la infraestructura de investigación básica y aplicada y el establecimiento de mecanismos permanentes de integración entre el sector productivo y los centros de I-D (De Gortari, 1998).

En dicha estrategia estaba contemplada la infraestructura educativa del estado, localizándose en la capital, dos universidades, tres institutos tecnológicos y cuatro centros de investigación entre ellos el Centro de Capacitación en Electrónica Aplicada fundado con apoyo de la SEP, Motorola y el gobierno del estado; y que fue clasificado como parte de la infraestructura de capacitación industrial avanzada; y el Centro de Moldes y Troqueles (CEMYT), que realiza desarrollo tecnológico. El primero, está dirigido a la formación de técnicos en electrónica para atender la demanda de las industrias de la región y el CEMYT, es un centro tanto de diseño y manufactura, como de capacitación (Gobierno de Chihuahua, 1999).

3.1. *La detección de oportunidades y el desarrollo de capacidades para acceder al mercado: CIMAV*

El Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados,⁵ SC (CIMAV) desde su establecimiento formó parte del proyecto antes mencionado. Así, desde sus inicios se planteó que serviría para apoyar al sector productivo, es decir tanto a las nuevas industrias como a las más tradicionales, entre ellas la maderera

5. Para realizar este apartado consultamos la página web del CIMAV, además de documentos del Centro. También se llevó a cabo un extenso trabajo de visitas *in situ* a las instalaciones del Centro y a las empresas con las que tienen colaboraciones. Se hicieron entrevistas a David Ríos Jara, director del centro, Gustavo Camacho, encargado de vinculación, y a varios investigadores responsables de proyectos. También se entrevistó a varios responsables de proyectos en las empresas y a representantes de instancias de fomento gubernamentales, y a Ricardo Rodríguez Lugo, representante de CANACINTRA Chihuahua. Todo esto durante abril de 1999.

y la minera. El CIMAV entonces, puede afirmarse que desde su concepción, fue creado para atender directamente las demandas de los sectores industriales localizados en la región, de ahí que desde su origen, a diferencia de otros centros, ha internalizado esta nueva lógica de complementariedad y de capacidades compartidas con el sector productivo para la producción de conocimiento.

Ahora bien, si tomamos en consideración al conjunto de los centros de I-D, se puede decir que un cambio fundamental que ha tenido efectos importantes recientemente, es la apertura comercial y la globalización, que han abierto ventanas de oportunidad; generando un proceso en el cual los conocimientos tengan por una parte, una aplicación más inmediata a través de servicios tecnológicos como son la incorporación de procesos, esquemas y procedimientos de calidad bajo normas internacionales en las empresas, el desarrollo de la informática en aplicaciones diversas a través de bases y bancos de datos especializados o el establecimiento de sistemas interactivos para desarrollar aplicaciones especiales. Por otra parte, la posibilidad de participar en el desarrollo y uso de nuevas tecnologías dirigidas a la atención de problemas que han cobrado relevancia en el ámbito internacional como son la contaminación ambiental y el uso racional de los recursos naturales.

El establecimiento del CIMAV fue una iniciativa del CONACYT, que encargó el proyecto a un grupo de investigadores encabezados por el actual director, Dr. David Ríos Jara del Instituto de Materiales de la UNAM, el cual tomó cerca de tres años en cobrar forma. Para su ubicación, se hicieron varios estudios, ya que tenía que cumplir entre otras condiciones el estar cercano a la industria relacionada con el área de materiales, además de ofrecer soluciones que contribuyeran al uso racional y el tratamiento del agua. Dicho proyecto interesó a varias entidades entre ellas Chihuahua, que en la última década experimentó un crecimiento industrial importante, aunado a la necesidad de ampliar y mejorar su infraestructura tecnológica. Frente a otras entidades, el gobierno de la entidad, en ese entonces panista, logró tomar la iniciativa, al ofrecer una serie de facilidades para la instalación del centro, entre ellas su integración al plan estatal denominado Chihuahua 2000. De tal suerte, que desde su inicio, el centro contó con la participación del

gobierno estatal, de la iniciativa privada a través de CANACINTRA y del gobierno federal (Ríos Jara, 1999).

Las actividades del Centro dieron inicio formalmente en octubre de 1994 en la ciudad de Chihuahua. No obstante, es hasta el transcurso del siguiente año que se establece su estructura administrativa y comienzan a funcionar las áreas a la par que se lleva a cabo la contratación del personal de investigación. Desde el principio el personal fue buscado con un perfil multidisciplinario, de ahí su composición que incluye físicos, químicos e ingenieros; pero además, se seleccionaron aquellos investigadores que poseyeran una vocación tecnológica, de manera que el Centro pudiera establecer relaciones con el sector productivo mediante proyectos de desarrollo tecnológico y la oferta de servicios técnicos y de capacitación de personal, tanto en el ámbito nacional como en el regional. Pero al propio tiempo, que el personal desarrollara investigación básica (orientada) y aplicada y se comprometiera en la formación de recursos humanos en la ciencia de materiales y tecnología ambiental. Así, con estas características se fueron integrando los diferentes grupos de trabajo, dispuestos a interactuar con la industria, pero sin dejar de lado las otras actividades. A diferencia de otros centros de I-D, a largo plazo, la idea es que los investigadores se encarguen de los proyectos, y los técnicos académicos de los servicios que se prestan a la industria.

En los primeros años del Centro, mientras se fue equipando, los mayores esfuerzos se dirigieron al establecimiento de un programa de posgrado. Así durante 1997 el Centro se dedicó a establecer la infraestructura y los equipos de trabajo necesarios, y al año siguiente, una vez establecido el centro, se dedicaron a promocionar sus capacidades en la industria local y regional, a través de contactos con Pemex por ejemplo y con instituciones de la frontera con Estados Unidos, con el propósito de interesar a los empresarios de la región, de que más allá de los servicios y la caracterización de materiales, el centro tenía otras alternativas que ofrecerles (Ríos Jara, 1999).

Los resultados de esta estrategia, se empezaron a observar en 1998, año en que hubo un aumento considerable en los ingresos obtenidos, que pasaron de 250 mil pesos obtenidos en 1995 a 1,5 millones. Esperando alcanzar una cifra cercana a los 7 millones de pesos, para 1999. Un cambio que está en proceso

es la entrada de recursos que provienen de servicios y caracterización de materiales para cerca de 100 empresas; ya que en 1999, del total de la facturación, cerca del 70 % correspondió a proyectos de investigación. Cambio que corresponde a la maduración de algunos proyectos, con uno o dos años de trabajo y que empiezan a tener resultados para venderlos. Finalmente, es de señalarse que entre 1996 y 1999 creció en 3,8 veces el número de empresas atendido (CIMAV, 1999).

A diferencia de centros como los reseñados en Querétaro, el CIMAV sí cuenta con un área de vinculación, encargada de la parte legal, de la promoción y manejo de las relaciones en el ámbito regional, con las instancias locales y estatales y del contacto con los clientes para todos aquellos parámetros relacionados con la cotización de los proyectos, facturación, seguimiento, etc.

Además de esta área, existen dos maneras de vincularse, a través del contacto directo de los clientes con el área de vinculación, que la canaliza al área pertinente; o también del contacto directo de las empresas con los investigadores. En ambos casos, interviene el área de vinculación de manera que se tome en consideración el sistema de cotizaciones establecido internamente, el cual tiene como objetivo recuperar el gasto institucional y obtener un margen de utilidad (Camacho, 1999).

Para 1999 los resultados de la estrategia del centro para colaborar con el sector productivo tenía las siguientes características. De las 80 empresas que entre 1995 y 1999 se les había prestado algún servicio, asesoría o proyecto tecnológico, 56 habían solicitado nuevamente algún trabajo. Los sectores atendidos son principalmente materiales de construcción, eléctrica y electrónica, automotriz e industria del plástico. En cuanto a su distribución por el tamaño y tipo de las empresas del total correspondía un 57 % a las grandes, 14 % a las medianas, 24 % a las micro y pequeñas y el 5 % a clientes institucionales (sector gubernamental, paraestatales, instituciones de investigación y docencia y agrupaciones gremiales). Representando las maquiladoras el 37 % del total (CIMAV, 1999).

En términos del tipo de demanda, los servicios más solicitados fueron los análisis y la evaluación de materiales; aunque a partir de 1999 se observó un interés creciente por el desarrollo de tecnología y la demanda de asistencia técnica en procesos.

Durante ese año estaban en proceso 14 proyectos de desarrollo tecnológico financiados con fondos concurrentes de empresas locales.

A partir de estos resultados preliminares, se puede observar que, tanto en este caso como en el del CIATEQ, la confianza generada por la calidad de los resultados obtenidos por parte de las empresas desempeña un papel clave; de la misma manera que la prestación de servicios de carácter repetitivo como se menciona en el CIMAV, se han constituido en uno de los referentes más importantes para la industria. Para ello, documentamos desde las empresas, algunos casos que son ilustrativos de las políticas de interacción de un centro de I-D como el reseñado.

3.2. *Las empresas y los distintos caminos para la búsqueda de la competitividad*

En una entidad como Chihuahua, además de las necesidades planteadas por el crecimiento de un sector maquilador ligado a la industria automotriz, como se mencionaba en páginas anteriores, existen esfuerzos por renovar sus actividades tradicionales como sería el caso de la industria de la madera, la cerámica y el cemento.

Para ello, las empresas han establecido diversas estrategias para atender su demanda creciente de conocimiento e información. Por un lado, la búsqueda de la competitividad se ha traducido en el desarrollo de habilidades para establecer una variedad de vínculos interorganizacionales que son críticos para la difusión del conocimiento, el aprendizaje y el desarrollo tecnológico, es decir a través del establecimiento de relaciones formales contractuales, patrones de investigación y desarrollo, joint-ventures y relaciones informales. De otro, aquellas empresas que para obtener una variedad de recursos han empezado a desarrollar un perfil de red o «portafolio de vínculos» que les permita acceder tanto a la ciencia y tecnología emergentes como a la organización de sus capacidades. En los casos analizados, estos procesos podrían ser resumidos en dos trayectorias: la primera iría de un proceso inicial de búsqueda de información hacia el conocimiento y la segunda, de un nivel indivi-

dual de aprendizaje y experiencia organizacional a otro de aprendizaje organizacional y de establecimiento de caminos para la colaboración. El reto entonces para algunas empresas es el desarrollo de caminos para la cooperación a través un esfuerzo articulador entre diferentes actores, que pueda ser transferido de un proyecto a otro. Esto es, contribuir a la creación de espacios de conocimiento en donde fluya el conocimiento y como se mencionó en el caso del CIATEQ, se movilicen recursos, se establezca una red de actividades específica y se obtengan resultados (Rodríguez, 1999).

3.3. *La búsqueda de nuevos caminos para enfrentar a la competencia: Interceramic*

La empresa se fundó en 1978 en Chihuahua con capital mexicano utilizando un proceso italiano de producción de cerámica llamado «Monococción»; se trataba de un sistema innovador, para ese momento, que permitía disminuir los tiempos de cocción y la energía usada, permitiendo acrecentar la calidad de los productos a un costo relativamente bajo. La mayor parte de la tecnología utilizada así como el equipo se obtuvo de varios centros de investigación en cerámica de España e Italia. Actualmente, es a través de un centro de investigación ubicado en Italia que se hace todavía parte del desarrollo de los cuerpos cerámicos y también parte de la asesoría en esmaltes que incluye la maquinaria; y para los recubrimientos se acude a un Instituto de Investigación Cerámica en España. Con estas herramientas, Interceramic ha sostenido un ritmo de crecimiento muy importante, de tal manera que para 1999 había logrado aumentar en 35 veces su capacidad original (Interceramic, 1999).

Para alcanzar estos resultados fue creado en 1988 el Centro Tecnológico Interceramic⁶ el cual fue establecido entre otros propósitos con el fin de contar con aparatos especiales para dirigir experimentaciones con materias primas, innovaciones de productos, eficientización de costos, así como para contar

6. Para realizar este apartado se consultó la página Web de Interceramic. Además se realizó una visita guiada al Centro de I-D de la empresa en la que recorrimos diferentes áreas y entrevistamos a Armando García, gerente de desarrollo tecnológico.

con el equipo necesario para asegurar el abastecimiento al cliente.

También ese mismo año se creó una empresa proveedora de adhesivos y boquillas, con el fin de contar con productos especiales para la instalación de sus materiales, la cual permitía ofrecer al consumidor un paquete completo de productos. Con ese mismo propósito a fines de 1993 se celebró un contrato de asociación con la «Custom Building Products» para la fabricación y comercialización de adhesivos y otros productos especializados para la instalación de loseta cerámica. Como resultado de su expansión, en 1994 Interceramic abre una nueva planta en Texas, dedicada a fabricar azulejos en formatos para el mercado de Estados Unidos y Canadá.

El centro de I-D desde su establecimiento ha sido un apoyo clave para la empresa, la que constantemente se encarga de buscar materiales más resistentes y de mejor calidad para la elaboración de sus productos; combinaciones de arcillas mejores y más eficaces; esmaltes más duros y resistentes; diferentes combinaciones de colores, diseños y texturas; además de las actividades que se realizan diariamente, como son las pruebas de control de calidad del proceso de producción.

Actualmente, el centro de I-D es considerado como uno de los más avanzados en su ramo en Norteamérica lo que representa una ventaja en relación con otros productores de cerámica.

En el caso del CIMAV, la relación fructificó desde muy temprano, ya que Interceramic fue una de las empresas que participó en su establecimiento, tanto a través de su personal como de sus equipos. Uno de los propósitos de colaborar con el CIMAV es «para desarrollarse y ser menos dependientes de las tecnologías italianas y españolas. Para ello se han establecido varios proyectos conjuntos. Algunos ya están terminados, otros están en proceso y otros más se han dejado por un tiempo para darle prioridad a otros proyectos. Ello parte de la idea de que uno de los problemas fuertes que se tienen no nada más es importante en Interceramic, sino en general en toda la industria mexicana, es entender como interactúa la tecnología en una empresa. Ese es un problema fuerte, porque la mayoría de las veces la empresa busca quien lo esta produciendo, y lo traigo y le pago. Me traigo la maquinaria y la gente que va a diseñar. Pero poco a poco se ha ido metiendo en la cabeza la idea de que eso no es

tecnología para los mexicanos, que no podemos tener liderazgo de mercados, no se puede comprar tecnología de este tipo porque nosotros vamos y la compramos y va y la compra cualquiera. Entonces, estamos viendo que la competencia aquí en México está muy dura» (García, 1999). Un dato que corrobora la afirmación anterior es que, en los años de 1993 y 1994 que fue la época donde más creció Interceramic, de los 23 hornos que había en el país, 8 o 9 hornos eran suyos, con los cuales se atendía un mercado importante. Sin embargo, actualmente de los cerca de 60 hornos existentes, solamente 14 pertenecen a la empresa. Ello es una muestra del crecimiento que ha tenido la industria cerámica, en que participa Interceramic.

Frente a la competencia entonces, la empresa empezó a concebir una nueva estrategia para lograr ventajas y estabilidad en el mercado a través de la generación de su propia tecnología, de productos ya avanzados y de procesos propios.

Por ello la colaboración con centros de I-D ha sido vista como un elemento clave para apoyar la estrategia antes mencionada como lo muestran algunos ejemplos para introducir mejoras en los procesos de producción y para los cuales se cuentan con las capacidades tanto de parte de las empresas como de los centros para resolverlos y complementarlas. Fue el caso de un instrumento utilizado durante el proceso de producción para la medición de las losetas. El instrumento data de 1970 y prácticamente no se había modificado, ya que no se habían introducido innovaciones en el proceso, como tampoco se habían desarrollado nuevas aplicaciones. Con el propósito de introducir mejoras, se decidió acudir en busca de apoyo tanto al ININ (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares) como al CIMAV. A partir de los respectivos contactos, ambos presentaron proyectos. La empresa entonces procedió a analizarlos y en la medida en que el proyecto presentado por el primero no satisfizo las expectativas de la empresa, se optó por continuar la colaboración con el CIMAV, con el que esta en proceso un proyecto para resolver la problemática planteada.

Un proyecto semejante fue el planteado para encontrar una solución para detectar defectos en las losetas durante el proceso de producción; para ello el ININ presentó el desarrollo de un procesador de imágenes inteligente que pudiera detectar las diferentes etapas del proceso de producción de las losetas. Pro-

yecto que sin embargo se vio interrumpido, ya que el ININ no le dio el seguimiento requerido por la empresa.

En estos casos, «la empresa tiene muy clara la perspectiva de que sí bien la colaboración debe darse entre ambas partes, a la empresa le corresponde ir, buscar y proponer a las instituciones los problemas que se le presentan en sus diferentes procesos, pero son los centros de investigación quienes deben plantear una propuesta y darle seguimiento» (García, 1999).

Esta condición ha sido ampliamente cumplida por el CIMAV, la que ha sido reconocida por empresas como Interceramic, que han continuado colaborando con el centro y ampliando la gama de las colaboraciones, apoyadas en la confianza no sólo técnica, sino también en el entendimiento de las necesidades específicas planteadas por la empresa. A continuación se mencionan algunos de los proyectos conjuntos entre el CIMAV y la empresa.

La mejora de un producto

Un proyecto que fue planteado al CIMAV fue el de un aditivo que se compra en Italia cuyo precio es muy elevado y cuya composición contiene 80 % de agua. En el Centro se dieron a la tarea de investigar su composición, logrando después de cerca de año y medio hacer pruebas de laboratorio. De tal forma que se pudo obtener el producto, de manera que para finales de 1999 estaban por iniciarse las pruebas semindustriales. En cuanto a su producción la estrategia que se seguiría sería negociar con el CIMAV el precio de venta y el derecho de propiedad de Interceramic sobre la patente.

En proyectos como el anterior, las ventajas competitivas de la empresa están en tener el equipo y el conocimiento para producir, así como la posibilidad de acceder a materias primas más baratas. Para sobrevivir en el mercado, una de las estrategias necesarias es tener la posibilidad de acceder al conocimiento a través de los centros de I-D especializados. Sin embargo, la creación de un centro de ese tipo y su mantenimiento dentro de la empresa es muy costosa, por ello centros como el CIMAV son algunas de las alternativas promovidas por las propias empresas.

Los servicios especializados

Internamente las empresas en general cuentan con áreas de investigación, que funcionan como traductores de tecnología. Es decir, que cuando se compra una tecnología, se analiza, se hacen pruebas, de los problemas específicos planteados en este caso por los procesos cerámicos. De tal forma que cuando aparecen problemas que no son propiamente de la producción, como los análisis térmicos, de fallas, etc., y se necesita equipo diferente, se acude a la infraestructura de centros como el CIMAV. Es el caso de un recubrimiento de plástico comprado a un proveedor, cuyo análisis se realizó en el centro, a partir del cual se encontraron defectos en el tipo de protección que tendría que tener. Con ello se cambió de proveedor, con lo cual se redujo el costo y se contribuyó a hacer más eficiente el proceso. La ventaja es que los centros de investigación cuentan con equipos que en general para las empresas no son rentables, ya que el volumen de trabajo es muy reducido si se compara con el uso interno que les da un centro tanto para sus proyectos de investigación como para la prestación de servicios.

El desarrollo de nuevos materiales

El diseño de los nuevos productos, implica una importante participación de la empresa, ya que internamente no solamente se establecen los parámetros que se deben seguir, sino también el tipo de materiales utilizados, mismos que algunas veces deben ser nuevos materiales. En esos casos interviene el área de investigación. Un ejemplo es un producto para metalizar la loseta. La empresa cuenta con la tecnología cuyo proceso está en proceso de patente, cuyo latonado para metal se desarrolló en el CIMAV, el cual se puede poner sobre las losetas y solamente faltaría el proceso de tratamiento. El proceso anterior tiene la ventaja de que no solamente reduce de manera considerable los costos, sino que además permite contar con una tecnología propia, donde estaría pendiente si la empresa la conserva, la patenta o lo hace en conjunto con el centro.

Como en otras zonas del país el uso racional y el tratamiento de recursos como el agua se ha convertido en una prioridad. Por ello, una de las primeras colaboraciones con el CIMAV fue un proyecto para utilizar las aguas que surten a la empresa y que provienen de la planta de tratamiento municipal. De ahí se desprendió otro proyecto sobre la reutilización de las aguas residuales para el proceso propiamente de producción.

En suma, se puede decir que la relación de la empresa con el CIMAV se ha constituido en un camino de colaboración continua desde su establecimiento, tanto por la participación inicial del sector privado, como posteriormente a través de una serie de estrategias conjuntas. De una parte, en la formación de recursos humanos, donde se complementen algunas líneas de investigación con las necesidades del proceso productivo. Un ejemplo es la integración de personal de la empresa a los estudios de posgrado, a partir de la que se tuvo la experiencia de trabajar con uno de los investigadores en películas delgadas para celdas solares y a partir de las necesidades de la empresa, se planteó llevar a cabo un proyecto para desarrollar un recubrimiento duro para las losetas. Se trata de una contribución del sector académico al entrenamiento de científicos calificados con conocimiento formal en campos especializados.

Otra estrategia que ha funcionado, y que en otros centros de I-D tiene efectos positivos es que las empresas cuenten con áreas de investigación, distintas de las de producción, ya que ello implica que exista personal que se pueda vincular con los centros o traducir las propuestas de estos a las necesidades del proceso productivo. A partir de ellos se pueden establecer proyectos concretos y medir la capacidad tanto de la empresa como de los centros, de tal manera de contribuir a desarrollar expectativas o una vocación de investigación y desarrollo en las empresas, mismas que están ligadas al convencimiento de ampliar o abrir nichos de mercados que puedan ser rentables. Pero al mismo tiempo, de parte de los centros que al tener gente especializada y los equipos especializados, tengan la disposición y la visión para enfocar sus esfuerzos a atender los requerimientos de las empresas de la región como es el caso de la cerámica.

En este caso, el conocimiento nuevo relevante que posee un centro de I-D como el CIMAV y su infraestructura como una fuente práctica de ayuda y asistencia, que incluye las facilidades experimentales y de instrumentación constituyen una de las contribuciones más importantes del sector académico para el proceso de innovación de las empresas.

3.4. El grupo Copamex, esfuerzos por renovar la industria tradicional

Copamex es un grupo básicamente papelerero integrado por Papelera de Chihuahua y Pondercel. Papelera de Chihuahua es una empresa con tradición en la región dedicada a la fabricación de papel para escritura, cajas y empaques que comenzó sus actividades a principios de 1940 y que durante cerca de 25 años se mantuvo en el mercado papelerero, pero con un nivel de productividad muy bajo. Así hasta mediados de 1960 y como parte del crecimiento de otras empresas del ramo, Papelera de Chihuahua⁷ además de modernizar su maquinaria, puso en marcha un proceso de capacitación de su personal a través de LANFI, su asesoría les sirvió posteriormente para hacer las evaluaciones de los materiales y las refinaciones, como respaldo para algunos de los trabajos realizados internamente en el laboratorio de la empresa.

Así, en general, la trayectoria que esta empresa siguió hasta mediados de los ochenta se apoyó tanto en una tradición artesanal interna de la empresa, como en la capacitación técnica del personal adquirida a través de la modernización de su maquinaria. En la siguiente década, la adquisición de Pondercel significa un reto para el grupo, pues no era lo mismo fabricar celulosa que papel. De ahí que fuera necesario entrenar al personal, para lo cual se envió a esta nueva empresa a uno de sus mejores maestros papeleros, con el propósito de que además de que el personal adquiriera el manejo del equipo se lograra «que la gente agarre su cultura papelerera y sus conocimientos papele-

7. Para realizar este apartado se realizó una visita guiada a la empresa en la que recorrimos diferentes áreas y entrevistamos a Norberto Valverde y Juan Meneses, directivos de la empresa (abril, 1999).

ros» (Valverde, 1999). Paralelamente, se emprendieron una serie de visitas al exterior en particular a Estados Unidos y Canadá con el objeto de observar distintos procesos de fabricación. A pesar de ello, se hizo evidente que dichos ejemplos, no podían ser utilizados puesto que una diferencia con esta empresa, es que en esos países, las empresas están integradas e incluyen un conglomerado de actividades que va desde la materia prima hasta el proceso de fabricación y aún la comercialización de los productos.

Por ello la empresa decidió buscar otras alternativas. En un primer momento, se hicieron esfuerzos para garantizar la provisión de su principal materia prima a través de la adquisición de una empresa productora de celulosa; la cual no fue factible. Una segunda alternativa la constituyó el tratar de aprovechar el material de desperdicio, para la elaboración de algunos productos nuevos. En la búsqueda de información sobre distintos procesos y nueva tecnología localizaron una empresa española que producía papel para sacos con porcentajes muy altos de desperdicio, comparado con el producto que se hacía en Chihuahua que utilizaba solamente el 50 % de este material. Ello dio inicio al establecimiento de un contrato con la empresa española a través del que se obtuvo la asesoría para desarrollar un papel semejante con un contenido de 100 % de cartón. Los conocimientos y la tecnología resultado del contrato posteriormente fueron utilizados en una fábrica adquirida por Copamex en Monterrey. Desde entonces, la empresa se dio a la tarea de establecer centros de acopio de cartón para hacer compras directas y mantener de manera ininterrumpida el proceso de producción.

Las experiencias anteriores han llevado al grupo a buscar nuevas alternativas para su proceso de producción basadas ya no en el uso de celulosa virgen, sino en la utilización de otro tipo de materiales, como son los desperdicios o el papel reciclado. Tendencia que se inscribe en esta nueva lógica tanto de conservación de los recursos naturales y de un mayor control ambiental, que ha tenido que ser adoptada por las empresas, como también de la búsqueda de competitividad y de nuevos mercados. De ahí que como se mencionaba en la introducción, el desarrollo de los materiales pueda llegar a desempeñar un papel clave en la regeneración de las industrias tradicionales, las cuales pueden llegar a compartir su experiencia técnica y

sus conocimientos y complementarlos con las capacidades científico-técnicas de los centros de I-D, contribuyendo así al flujo de conocimientos y a la conformación de espacios regionales de conocimiento.

En esta búsqueda para encontrarle una salida productiva a los residuos, pero al mismo tiempo atender la nueva normatividad ambiental entre otras, una empresa como la mencionada dio inicio a sus primeros contactos con los centros de I-D de la región. Es el caso del CIMAV, con el que se tienen varios proyectos con distintos alcances. Un ejemplo es el residuo de una fibra cuyo tamaño no es adecuado para elaborar papel, problema que fue planteado al centro, a partir del cual se elaboró un proyecto para producir carbón activado a partir de dicho residuo.

En el caso de Pondercel, la relación con el CIMAV ha sido más frecuente, debido al tipo de problemas que enfrenta la empresa, un caso es el análisis de un papel en particular, para conocer como se encuentran distribuidos algunos de sus componentes, como los carbonatos. Los resultados obtenidos, permitieron que la empresa desarrollara una mejora en el producto, con base en una distribución diferente de los porcentajes de carbonato. En proyectos como el anterior, los resultados obtenidos han derivado tanto en la propuesta de mejoras de otros productos, pero también de la creación de otros nuevos.

Otro tipo de proyectos, que inciden directamente en el proceso de producción son los que tuvieron su origen en la prestación de un servicio o de ayuda técnica como sería la detección de fallas en el funcionamiento de un equipo o en el tratamiento de ciertos productos. Es el caso del análisis de un proceso para depositar de manera más homogénea cierto tipo de recubrimiento en el papel. A partir de este el CIMAV desarrolló una técnica para poder botar el papel, además de observarlo a través de sus diferentes capas.

Los proyectos reseñados, permiten observar de qué manera está fluyendo el conocimiento entre las empresas y centros como el CIMAV, a través de los cuales se comparten y complementan los conocimientos. En este caso sobre el tratamiento del papel y su composición, en las diferentes etapas del proyecto, es decir «en el ir y venir de las pruebas del laboratorio [y del proceso propiamente de producción primero] donde se da un intercambio entre la gente que vive los problemas a diario [y el

personal del centro, para que este último] pudiera entender lo técnico que estábamos teniendo y poder complementar con la parte teórica, de la gente de ahí que dijera que el problema no era que se le haya pasado el carbonato, sino que eran que tenían un defecto» (Valverde, 1999).

El caso anterior, es un ejemplo del flujo de ideas, conocimiento y asistencia experta entre un centro de investigación y desarrollo y una empresa, donde resalta la habilidad de la empresa para reconocer e interpretar el valor potencial de la investigación y la manera de aprovecharla.

Conclusiones

El análisis de las trayectorias seguidas por los centros de I-D, así como los distintos caminos de colaboración instrumentados por las empresas expuestos en el capítulo, han permitido identificar algunas de las dinámicas que los flujos de conocimiento han tomado en el campo de los materiales en México. Estos flujos además se expresan en nuevas formas de organización como son los espacios regionales de conocimiento, en los cuales se pueden identificar las capacidades y las redes de innovación que se están constituyendo. En algunos casos, a partir de la recombinación de las capacidades, competencias y conocimientos de los diferentes actores; en otros, se han logrado concretar en algunas áreas tecnológicas específicas apoyados en la complementariedad y el conocimiento compartido y otros más, han permitido la integración de redes interinstitucionales a nivel tanto de los centros de I-D como de parte de las empresas.

Ahora bien, si retomamos los objetivos que nos planteamos al inicio del trabajo, nos referiremos en primer lugar a las trayectorias seguidas por los centros para interactuar con la industria y los mecanismos asociados con dicha interacción.

Estas trayectorias en general son compartidas por el conjunto de los centros a partir del aprendizaje obtenido desde las colaboraciones y de cómo interactuar con la industria y donde las diferencias estarían en el desarrollo de sus capacidades para facilitar los flujos de conocimiento. Así por ejemplo en el caso del CIATEQ, éste se ha apoyado en un cambio de estrategia dirigido a la atención de un mercado más amplio, apoyado en

tecnologías genéricas y en una nueva lógica de organización de sus capacidades adquiridas a través de un largo camino de servicios con la empresa y de la capitalización de las habilidades de su personal en su experiencia con la industria.

En dicha trayectoria, si bien se han constituido avenidas de colaboración formales con la empresa, una buena parte de los flujos se lleva a cabo de manera informal, en gran parte tanto por el tipo de conocimiento requerido, que en general es específico y en pequeña escala como porque las interacciones toman la forma de flujos intangibles e indirectos de conocimiento.

En el caso del CINESTAV-Q, en la medida en que se trata de un centro muy reciente, la política inicial de detección de oportunidades y desarrollo capacidades en búsqueda nichos de oportunidad, estaría apuntando a un entendimiento de los requerimientos específicos de las empresas en sectores particulares y tecnologías a partir del conocimiento nuevo relevante, pero donde no se han logrado concretar el flujo de conocimientos hacia el sector industrial, por la falta de una política de vinculación institucional, como también a que no cuenta con el conjunto de las capacidades para integrar un producto técnico que pueda ser aprovechado por los usuarios. De ahí que su participación en la creación de espacios regionales de conocimiento se haya centrado en las redes académicas interinstitucionales, fundamentalmente para la formación de recursos.

Mientras que en el caso del CIMAV, su trayectoria estaría dirigida hacia la investigación estratégica necesaria para la industria y por ello su constitución como un centro con facilidades experimentales y de instrumentación. Un elemento que comparten en su conjunto es el entrenamiento de científicos calificados e ingenieros con conocimientos formales en campos especializados del área de materiales.

Si hacemos referencia a los proyectos, en general muchos de ellos se inician a través de los servicios, en particular del análisis y evaluación de materiales, que posteriormente pueden llegar al desarrollo de tecnología y asistencia técnica en procesos y donde el desarrollo de nuevos productos es limitado. Un elemento que destaca en el conjunto de los proyectos es la asistencia práctica en el área de experimentación e instrumentación, apoyada en el equipo que poseen los centros. En su conjunto resaltan por un lado, el proceso de construcción de la confianza técnica gestada

a partir de la calidad de los resultados de los proyectos de consultoría y pequeños servicios, y de otro, la construcción de referentes entre las empresas usuarias que van siendo transferidos de un proyecto a otro y que llevan a la construcción de redes y la creación de espacios regionales de conocimiento donde se complementan y comparten los conocimientos.

En cuanto a los caminos de colaboración perfilados por las empresas, es claro que estas no se plantean sustituir sus capacidades internas con la investigación externa, como se hizo referencia en la primera parte del trabajo con relación a los niveles de interacción que tiene el sector industrial en el caso de México. No obstante, destacan los esfuerzos por tejer redes para acceder, absorber y transformar el conocimiento. Un elemento que destaca en varias de las empresas a las que hicimos referencia, es que estas poseen algunos departamentos de I-D o de diseño o en su ausencia habilidades para reconocer y acceder al conocimiento que desarrollan los centros de investigación. De tal manera que son elementos que contribuyen a que se puedan compartir y complementar las habilidades y competencias de los centros y algunos sectores particulares y tecnologías en el campo de los materiales.

Ahora bien, si tenemos en consideración las tendencias en el ámbito internacional, de los casos y proyectos expuestos en el capítulo se desprende que, nuestro país no ha sido ajeno, ya que el desarrollo de los materiales ha estado ligado al proceso de renovación industrial que implica una mayor demanda de conocimiento tanto de las industrias tradicionales como de las nuevas. Conocimiento que como en otros países se refiere a conocimiento específico requerido en sectores particulares. Por ello en la medida en que se sigan dirigiendo esfuerzos hacia la investigación en estos campos, al entrenamiento y formación de recursos especializados, se cuenten con capacidades experimentales y de instrumentación y se promuevan este tipo de colaboraciones se estará contribuyendo a la conformación de espacios regionales de conocimiento.

Referencias

- ALCÁNTARA, Miguel Ángel (1997): «Entrevistas personales en CIATEQ», Querétaro, noviembre.
- (1998): «Entrevistas personales en CIATEQ», Querétaro, junio.
- AUTIO, Erkko y Ari-Pekka HAMERI (1995): «The structure and dynamics of technological systems: a conceptual model», *Technology in Society*, vol. 17, n.º 4.
- BUITELAAR, Rudolf M., R. PADILLA y R. URRUTIA (1999): «Industria maquiladora y cambio técnico», *Revista de la CEPAL*, 67 (abril).
- CAMACHO, Gustavol (1999): «Entrevistas personales en CIMAV», Chihuahua, mayo.
- CASAS, Rosalba, R. DE GORTARI y M.J. SANTOS (2000a): «The building of knowledge spaces in Mexico: a regional approach to networking», *Research Policy*, 29.
- CASAS, Rosalba, R. DE GORTARI y M. LUNA (2000b): «University, knowledge production and collaborative patterns», en M. Cimoli (ed.), *Developing innovation systems. Mexico in a global context*, Pinter, Londres / Nueva York.
- CIATEQ (1997): «Actividades desarrolladas en el área de tecnología de materiales. Presentación a petición de un cliente específico», noviembre.
- (1999): Página web del Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro, disponible en línea en URL, www.ciateq.mx
- CIMAV (1999): Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., 1994-1998. Resultados.
- (1999): Página web del Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., disponible en línea en URL, www.cimav.edu.mx
- CINVESTAV-Q (1999): Página web del Centro de Investigación y Estudios Avanzados, unidad Querétaro, disponible en línea en URL, www.cinvestav.mx/queretaro
- CONACYT (1998): *Historia de las instituciones del sistema CONACYT*, Secretaría de Educación Pública y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología editores, México.
- CHARLES, Davies y Jeremy HOWELLS (1992): *Technology transfer in Europe. Public and private networks*, Belhaven Press, Londres / Nueva York.
- DE BRESSON, C. y F. AMMESSE (1991): «Networks of Innovators: a review and introduction to the issue», *Research Policy*, vol. 20.
- DE GORTARI, Rebeca (1998): «Ejemplos de colaboración entre la academia, la industria y el gobierno en México: Hacia la construcción de ambientes regionales de innovación», en Armando Alcántara, R. Pozas y C.A. Torres (coords.), *Educación, democracia y desarrollo en el fin de siglo*, México, Siglo XXI.

Expansión (1993): «Chihuahua se sacude del letargo», vol. XXV, n.º 623 (septiembre).

— (1995): «Informe regional Querétaro», vol. XXVII, n.º 660 (marzo).

— (1997): «Informe especial Bajío», vol. XXIX, n.º 723 (agosto).

FIGUEROA, Juan de Dios (1998): «Entrevistas personales en CINVESTAV-Q», Querétaro, junio.

GARCÍA, Jesús (1998): «Entrevistas personales en CINVESTAV-Q», Querétaro, junio.

GARCÍA, Armando (1999): «Entrevistas personales en Interceramic», Chihuahua, mayo.

GOBIERNO DE CHIHUAHUA (1999): Página web del Gobierno de Chihuahua, disponible en línea en URL, www.chihuahua.gob.mx

GU, Shulin y Edward STEINMUELLER (1996): «Chinas National Innovation System Approach to participating in information technology: The innovative recombination of technological capability», *International Workshop on The Information Revolution and Economic and Social Exclusion in Developing Countries*, Maastricht, 23-25 octubre.

GUPP, Hariolf (1994): «Technology at the beginning of the 21st century», *Technology Analysis and Strategic Management*, vol. 6, n.º 4.

HUI, Jacques (1991): «Les matériaux. Une histoire vieille comme celle de l'homme», *Culture Technique* (París), n.º 23 (junio).

«Información especial. Bajío» (1997): *Expansión* (agosto).

«Informe regional. Chihuahua se sacude el letargo» (1993): *Expansión* (septiembre).

INTERCERAMIC (1999): Página web de Interceramic, disponible en línea en URL, www.interceramic.com.mx

KOZMETSKY, George y R.W. SMILOR (1989): «Introduction», en R.W. Smilor y David V. Gibson, *The practical commercialization of superconductivity. Business Applications and Opportunities*, IC2 Institute, University of Texas at Austin.

LOIS, Peters, P. GROENEWEGEN y N. FIEBELKORN (1998): «A comparison of networks between industry and public sector research in materials technology and biotechnology», *Research Policy*, 27.

MENESES, Juan (1999): «Entrevistas personales en Papelera de Chihuahua», abril.

MOORI-KOENING, Virginia y G. YOGUEL (1998): «Capacidades innovadoras en un medio de escaso desarrollo del sistema local de innovación», *Comercio Exterior* (agosto).

NIOSI, Jorge (1994): *Vers l'innovation flexible. Les alliances technologiques dans l'industrie canadienne*, Montreal, Les Presses de l'Université de Montréal.

PODOLNY, Joel M. y Karen L. PAGE (1998): «Networks forms of organization», *Annual Review of Sociology*, 24.

POWELL, Walter (1998): «Learning from collaboration: knowledge and

networks in the biotechnology and pharmaceutical industries», *California Management Review*, vol. 40, n.º 3 (primavera).

RÍOS JARA, David (1999): «Entrevistas personales en el CIMAV», Chihuahua, abril.

RUBIO, Felipe (1997): «Entrevistas personales en CIATEQ», Querétaro, noviembre.

SALLES-FILHO, Sergio, M. BEATRIZ BONACELLI y Graziela ARES (1997): «Innovative networks, markets and development policies in modern biotechnology», documento de trabajo, Rfo de Janeiro.

SCHUETZE, Hans G. (1996): «Innovation systems, regional development, and the role of universities in industrial innovation», *Industry & Higher Education* (abril).

VALVERDE, Norberto (1999): «Entrevistas personales en Papelera de Chihuahua», Chihuahua, mayo.