

ENFOQUES MICRO
EN CAMPOS TECNOLÓGICOS

CAPÍTULO 4

LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS EN BIOTECNOLOGÍA: FORMACIÓN DE REDES A NIVEL LOCAL

Rosalba Casas

Introducción

El desarrollo de la biotecnología en las últimas décadas ha dado lugar a la discusión sobre sus impactos en distintos ámbitos sociales, tales como la alimentación, la salud y el medio ambiente y a la forma en que se debe orientar su desarrollo para mejorar los problemas que aquejan a la población.¹ En el presente trabajo se retoma esta preocupación mediante el análisis de los procesos a través de los cuales se han venido conformando redes de conocimiento entre los centros de investigación biotecnológica y diversos actores sociales en campos relevantes para el desarrollo económico y social en distintas regiones del país.

Este capítulo contribuye a los objetivos generales planteados en esta investigación colectiva y se enfoca al análisis del papel que están jugando los centros de investigación públicos y algunos actores organizados en la formación de redes y en el impulso al desarrollo económico y social en distintas regiones del país. Se considera en particular la construcción de redes relacionadas con los sectores agrícola y la acuacultura, basados en biotecnología, y la emergencia de espacios de conocimiento re-

1. Sobre esta temática han sido elaborados en México, entre otros, los siguientes trabajos: G. Arroyo (coord.) (1989); R. Casas, M. Chauvet y D. Rodríguez (1992); R. Casas (1993); R. Casas y M. Chauvet (1997), Y. Massieu (1997).

levantes para la definición de políticas en apoyo al desarrollo regional.

El trabajo se construye sobre varios ejes analíticos. El primero se refiere a la consideración de lo que ha sido denominado Modo 2 de producción de conocimiento (Gibbons *et al.*, 1994) y si el desarrollo de la biotecnología se sustenta en esta orientación. Se discute si este campo obedece a un proceso interactivo entre oferta y demanda de conocimientos, o si está determinado por el empuje de la ciencia (*science push*) (Faulkner y Senker, 1993) y con ello sigue un proceso lineal. A partir de esta discusión se indaga sobre el papel que juegan en México los centros de investigación en los procesos de producción de conocimientos.

El segundo eje de análisis, íntimamente relacionado con el anterior, se refiere a la idea de que el conocimiento y la innovación tecnológica se construyen a través de la formación de redes (Cimoli y Dosi, 1994; Gibbons *et al.*, 1994; Edquist, 1997). Mediante esta perspectiva se estudian los procesos de aprendizaje que dan lugar a las interacciones entre distintos actores, públicos y privados, y la forma como fluyen los conocimientos y las tecnologías en el campo de la biotecnología. Se pone énfasis en la construcción de redes de conocimiento entre los mismos centros de investigación, lo que constituye una base importante a partir de la cual es posible construir masas críticas y espacios de conocimiento regionales en determinados sectores económicos.

El tercer eje del análisis se refiere a la dimensión regional (Biggiero, 1998; Ruiz Durán, 1995; Schuetze, 1996) en la conformación de las redes de conocimiento, que permite apreciar con detalle la forma en que los actores se van involucrando en procesos interactivos para aplicar el conocimiento biotecnológico al desarrollo industrial o económico, mediante la construcción de espacios regionales de conocimiento.² El enfoque regional, como se ha mencionado en la introducción del libro, per-

2. Como ya lo hemos definido en la introducción general, este concepto se utiliza para denominar los espacios, generalmente con contigüidad geográfica, que han acumulado conocimiento, muchas veces subutilizado —en campos relevantes para el desarrollo económico y social—, y la existencia de flujos emergentes de conocimiento entre los actores, que están dando lugar a la construcción de redes de conocimiento (Casas, De Gortari y Santos, 2000).

mite documentar los complejos procesos a través de los cuales tiene lugar la generación y la transferencia del conocimiento a los sectores económicos. La utilización del enfoque regional en este capítulo se da a diferentes niveles: el local, dentro de un estado; el estatal; y el que abarca varios estados.

Además de la dimensión regional, en los estudios de caso destacamos algunos en los que los procesos interactivos y del flujo de conocimientos adquieren un carácter internacional. Estas interacciones internacionales facilitan el flujo de conocimientos de frontera generados en otros países y permiten dar grandes saltos (*leapfrogging*) y fortalecer las capacidades generadas endógenamente.

El análisis se sustenta en entrevistas realizadas *in situ* con los actores participantes en los proyectos seleccionados, de quienes se obtuvo información para determinar: el tipo de red construida, la importancia del flujo de conocimiento, el proceso de aprendizaje entre los actores, la relevancia regional del conocimiento transferido y las potencialidades o impactos del ambiente de conocimiento generado para la innovación.

En la introducción general se ha descrito la gran diversidad de características que adoptan las interacciones que dan lugar a la conformación de redes. Para fines analíticos las redes que se estudian en este capítulo se clasifican de acuerdo al tipo de conocimiento sobre el que se construyen (convencional o de frontera; disciplinario o transdisciplinario; tácito o codificado), así como al actor que toma la iniciativa y el liderazgo en su formación. No obstante, también se documentan otras de las características que han sido incluidas en esa clasificación y que dan lugar a la especificidad a las redes.

Para lograr los propósitos anteriormente mencionados, el trabajo se organiza en la siguiente forma. En la primera sección se discuten las patrones del desarrollo de la biotecnología a nivel internacional y nacional, en el marco del modelo lineal y del Modo 2 de producción del conocimiento. En la segunda, tercera y cuarta secciones se presentan los estudios de caso realizados en diversas instituciones y regiones dentro del país. Se consideran tres ámbitos institucionales, dos representados por centros de investigación públicos y un tercero representado por una organización de empresarios y productores. Se exponen las características de los actores institucionales seleccionados en

cuanto a sus capacidades científicas y tecnológicas en el campo de la biotecnología y sus patrones institucionales de vinculación con diferentes sectores de la sociedad. En cada sección se analiza la dinámica en la construcción de las redes y de espacios de conocimiento mediante diversos estudios de caso.

En la segunda sección se estudia el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) con su sede localizada en la ciudad de Irapuato, Guanajuato, mediante dos estudios de caso: uno sobre micropropagación de la fresa y otro sobre modificación genética de la papa. En la tercera sección se considera el Consejo Regulador del Tequila (CRT) y el Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Jalisco (CIATEJ), mediante el estudio de caso del «Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila». Y en la cuarta sección, estudiamos el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) perteneciente al sistema SEP-CONACYT, localizado en La Paz, Baja California Sur, mediante el estudio de caso para la conformación de una red de conocimiento para la acuicultura del camarón en la región del noroeste. En cada uno de estos casos se reconstruye la historia y el mapa de las interacciones con otros centros de investigación, así como con otros actores en los planos regional, nacional e internacional. Finalmente, en la última sección del capítulo se incluye un análisis comparativo de los estudios de caso documentados, a partir del cual se identifican las potencialidades para el desarrollo regional basado en conocimiento biotecnológico.

Cabe aclarar que algunas de las redes consideradas aún se encuentran en proceso de construcción y no se trata por lo tanto de procesos terminados. En varias de ellas, la construcción de conocimientos y los procesos de desarrollo tecnológico y su transferencia a los usuarios se encuentran en vías de desarrollo. Sin embargo, dada la riqueza de las interacciones en las que se han sustentado, los procesos de aprendizaje por los que han pasado los actores, así como las características que las distinguen, revisten una gran importancia tanto para el análisis como para el diseño de políticas que apoyen los procesos de innovación tecnológica en nuestro país.

1. La biotecnología y el Modo 2

La biotecnología es un campo de investigación y de desarrollo tecnológico en el que se observan interesantes procesos de cambio respecto a las formas tradicionales de producir conocimiento. Se podría afirmar que este campo tecnológico transita hacia lo que Gibbons *et al.* (1994) han denominado Modo 2 de producción de conocimiento, en el que éste se crea en contextos más amplios, transdisciplinarios, económicos y sociales.

Algunas de las características de la biotecnología que son propias de este nuevo modo de producción de conocimientos son las siguientes: *a)* el conocimiento se desarrolla para la solución de problemas en un contexto de aplicación, por lo que la utilidad del conocimiento es algo que ha caracterizado a la biotecnología. Sin embargo, no es claro que este conocimiento sea siempre el resultado de un proceso en el que operan los factores de la oferta y la demanda, y aquí es donde surge la duda sobre su no linealidad; *b)* el carácter transdisciplinario es característico de este campo tecnológico, que se conforma desde su nacimiento por el concurso de varias disciplinas (microbiología, genética, ingeniería bioquímica). Además, su desarrollo y aplicación en soluciones finales implica el concurso de otras disciplinas dependiendo del campo de aplicación que puede ser el farmacéutico, el agrícola y el químico, entre otros; *c)* dado su carácter transdisciplinario este campo adopta una heterogeneidad de formas organizacionales, en las que intercambian grupos de investigación de distintas instituciones, se fortalece la creación de grupos de investigación temporales y de redes internacionales para la solución de un problema específico;³ *d)* debido a este carácter transdisciplinario y de heterogeneidad organizacional, puede afirmarse que la biotecnología a nivel internacional tiende a sustentarse en un modelo de participación no jerárquico en el que la colaboración entre pares es fundamental; *e)* respecto a su característica de distribución social,⁴ por las experiencias observadas (Casas y

3. El ejemplo más característico de esto es el proyecto del Genoma Humano en el que participa una red de científicos de distintos países y de diferentes campos del conocimiento para avanzar en la comprensión y explicación de la información genética que determinan el funcionamiento y composición del cuerpo humano.

4. Por distribución social del conocimiento o conocimiento socialmente distribuido se entiende, de acuerdo a Gibbons *et al.* (1994), su difusión a través de la sociedad. Es decir,

Chauvet, 1997) no es posible afirmar que los conocimientos transferidos repercutan necesariamente sobre el desarrollo social, ya que se ha documentado que estos pueden conducir a aplicaciones nocivas para la sociedad; y f) finalmente, cabría afirmar que los grandes avances en este campo y los hallazgos de frontera que se han originado, han conducido a una mayor reflexión sobre los impactos sociales de sus aplicaciones y en cierta forma a la asunción de una responsabilidad social respecto a sus impactos económicos y sociales. Sin embargo, en su tránsito hacia el Modo 2, podría afirmarse que este campo está determinado más por la rentabilidad y competitividad económica de los procesos que por su repercusión social. El carácter reflexivo no parece ser propio de este campo, aunque sí se ha desarrollado en otras áreas del conocimiento, particularmente en las ciencias sociales, preocupadas por el desarrollo e impacto de la biotecnología en las últimas décadas.

Respecto a la inclusión de diferentes actores en su desarrollo y a la forma en que ha operado la oferta y la demanda en los avances biotecnológicos es importante referirse a los patrones seguidos en distintos países. En el Reino Unido un aspecto importante del desarrollo biotecnológico ha sido la estrecha relación entre la base científica del sector público con la industria (Shoet y Prevezer, 1996, 283). En los Estados Unidos su desarrollo ha emanado principalmente de las universidades, de las que se han desprendido empresas generalmente de tamaño pequeño (Walker *et al.*, 1996). Para los países europeos, Walker *et al.* (1996), argumentan que los mayores éxitos han venido de las empresas multinacionales y de las grandes empresas farmacéuticas, en tanto que las empresas pequeñas han representado un importante vehículo para la difusión y desarrollo de la biotecnología. Para Japón, Fransman y Tanaka (1995) han documentado que las empresas han sido el motor del sistema de innovación en biotecnología y por tanto es del lado de la demanda donde se realiza la investigación más avanzada o de frontera. Sin embargo, las universidades japonesas, que en general no

que los canales de comunicación se han establecido para que el conocimiento producido sea ofrecido a otros grupos a través de espectro social. Por tanto hablamos de distribución social cuando observamos que el conocimiento está siendo transferido entre centros de investigación, o de estos a los empresarios o productores sociales.

realizan investigación de frontera, son una fuente importante de conocimiento externo para las empresas. Los flujos de conocimiento entre estos dos sectores se dan principalmente de manera tácita, mediante la movilidad de investigadores de las empresas a las universidades (Fransman y Tanaka, 1995, 42-43). No obstante, las alianzas y formación de redes entre empresas es lo que caracteriza actualmente a la industria biotecnológica a nivel internacional (Salles *et al.*, 2000).

Por tanto, la estructura de la producción y flujos de conocimiento en el Reino Unido, los Estados Unidos y Japón, nos remiten claramente al modelo no lineal de producción de conocimiento y de innovación tecnológica sugerido por Gibbons *et al.* Sin embargo, Senker y Faulkner (1992, 165) han documentado para el caso inglés, que el hecho de que la investigación del sector público sea la fuente externa más importante de los insumos científicos y tecnológicos en biotecnología, se explica por el carácter particular de empuje de la ciencia que caracteriza a la nueva biotecnología (Faulkner, 1986), aspecto que también es destacado por Shohet y Prevezer (1996, 287), quienes sostienen que la principal fuerza que guio inicialmente el desarrollo de este campo en el Reino Unido fue la del empuje de la ciencia y no la demanda de los usuarios. Este hecho ha llevado a Senker y Faulkner (1992) a poner en duda lo sostenido por Gibbons *et al.* (1994), ya que desde su perspectiva la innovación biotecnológica en el sector farmacéutico está probablemente más cercana al modelo clásico lineal que en otros sectores de aplicación de estas tecnologías.

Este debate respecto a la linearidad o no linearidad en la producción del conocimiento no es fácil de resolver. Al respecto podríamos sostener que en algunas áreas la producción del conocimiento biotecnológico se acerca al Modo 2, en tanto que en otras se observan características predominantes del Modo 1. Independientemente de la fuerza que origina el desarrollo tecnológico en este campo, lo que es una característica generalizada es el intercambio permanente entre el conocimiento básico, aplicado y los desarrollos tecnológicos, ya sea que se generen en las empresas o en los centros de investigación públicos. Mucho de este conocimiento básico o del empuje de la ciencia se produce para la solución de problemas, tales como la cura de una enfermedad, la producción de nuevas especies agrícolas o el

descubrimiento de nuevas sustancias químicas, a pesar de que estos no hayan sido demandados por usuarios específicos. Es decir, lo que caracteriza a la biotecnología es la generación de conocimiento para la solución de problemas que requiere del empuje de la actividad transdisciplinaria.

El caso mexicano por tratarse de un país en desarrollo y dependiente económicamente, ha seguido un patrón distinto, ya que los conocimientos biotecnológicos, tanto de frontera como de intra-frontera, se generan principalmente en las universidades y centros de investigación públicos. Se cuenta con un limitado desarrollo de empresas biotecnológicas, que se caracterizan por invertir y demandar en forma muy limitada actividades de investigación. El gobierno por su parte canaliza apoyos muy exigüos hacia una política en este campo. Esta situación ha originado que a pesar de las características generales de la biotecnología en su desarrollo internacional que la acercan al Modo 2, para el caso mexicano se trate de un campo en el que predominen aún las características del Modo 1 o de la forma tradicional de producción de conocimiento.

No obstante, podemos argumentar que algunas de las características de esta nueva forma de producción del conocimiento, sobre todo las que se refieren a su carácter de utilidad y transdisciplinariedad están presentes en la forma de organización del trabajo biotecnológico. Pero en el caso mexicano los problemas siguen planteándose y resolviéndose en un contexto dominado por los intereses académicos. Existe un proceso muy incipiente de interacción entre la oferta y la demanda, que se explica por el modelo de industrialización que desde los años cincuenta estuvo apoyado en la importación de tecnología. A pesar del carácter transdisciplinario de este campo, los biotecnólogos interactúan muy poco con científicos de otras disciplinas. Dado que el conocimiento se genera en universidades y centros de investigación, las redes de comunicación se circunscriben predominantemente al terreno académico y la organización del trabajo de investigación tiende a basarse en formas jerárquicas. La evaluación del trabajo académico es realizada fundamentalmente por pares de acuerdo a los estándares internacionales y la responsabilidad social está dominada por los intereses personales respecto a la carrera académica más que por la rentabilidad económica o la relevancia social de los procesos con posibilidades de aplicación.

Lo anterior nos lleva a afirmar, que aunque la biotecnología es un campo de producción del conocimiento de frontera que transita hacia el Modo 2, tal como lo afirman Gibbons *et al.* (1994), en el caso mexicano conserva un conjunto de características del modo tradicional de producción de conocimiento, que comparte con otras áreas de investigación. Sin embargo, desde mediados de los noventa se observan algunos cambios en el país por lo que se refiere a las interacciones entre el mundo académico y los sectores económicos y sociales, así como en las actitudes entre los científicos y los empresarios (Casas y Luna, 1997; Casas y Luna, coords., 1997). Por lo anterior, cabe afirmar a manera de hipótesis, que existen algunos desarrollos de la biotecnología en México, en los que este campo estaría transitando hacia características del Modo 2, respondiendo a demandas específicas de aplicación y por ende a una mayor distribución social del conocimiento generado en este campo.

En México se han desarrollado desde la década de los años cuarenta actividades de investigación en los campos de la microbiología, de la genética y de la ingeniería bioquímica, que le permitieron durante los años setenta iniciar formalmente el desarrollo de departamentos y centros de investigación orientados a este campo de nuevas tecnologías. Es así que el nacimiento formal de la biotecnología en el país no muestra una brecha muy grande con respecto a su desarrollo a nivel internacional y en los países más industrializados, mismo que se realiza durante los años sesenta.

Al realizar un balance del estado del arte de la biotecnología en México (Casas, 1993), comparado con sus tendencias y orientaciones a nivel internacional, puede afirmarse que hay una orientación importante de la investigación hacia los recursos naturales y problemas de carácter nacional o regional, que coexiste con la orientación hacia temáticas que predominan en las tendencias internacionales.

El carácter aplicativo de la biotecnología, se plasma en nuestro país y en algunas instituciones de investigación, en orientaciones regionales y/o locales de los temas que se investigan, que en ocasiones no se corresponden con campos relevantes para los grandes consorcios biotecnológicos, ni para los mercados internacionales existentes. En este campo de investigación, se percibe una especie de «regionalismo» por los temas

y las preocupaciones que dominan los intereses de muchos investigadores, preocupados por la solución de problemas tales como el agotamiento de los recursos naturales locales, por los embates de la contaminación, así como por las enfermedades que aquejan en forma particular al hombre, los animales y las plantas en algunas regiones del país. Esta tendencia de la investigación biotecnológica, en la que la preocupación por la solución de problemas es planteado en un contexto dominado por los intereses académicos, que es característico del Modo 1 de producción del conocimiento, también se observa en otros campos de investigación en el país, rasgo que muy recientemente ha sido destacado por la Academia Mexicana de Ciencias, quien se ha percatado sobre la amplitud del rango de aplicabilidad de las investigaciones que se realizan en México y que se sustentan en temas ausentes de la agenda de investigación de los países más desarrollados (AMC, 1998, 1).

De diversos estudios (Valdés *et al.* 1996; Corona, 1997) se desprende que la actividad innovativa en las empresas biotecnológicas es muy limitada y aunque varias de estas empresas se encuentran localizadas en distintos estados del país, no se observa una especialización que corresponda con las necesidades regionales. Es decir, no se da en México un fenómeno en el que las capacidades de investigación biotecnológicas a nivel regional, se correspondan con una especialización industrial sectorial en este campo.

Los rasgos de la relevancia regional de las capacidades de investigaciones biotecnológicas son destacados en este trabajo mediante estudios de caso referidos a cultivos agrícolas y acuícolas específicos. Para el análisis de estos casos partimos del supuesto de que las redes no se construyen exclusivamente para la transferencia de tecnología, sino que tienen un propósito más general de transferencia de conocimientos. En este sentido queremos resaltar la importancia del conocimiento, que como ha afirmado Callon (1994), no es de interés para los economistas, porque no existe en una forma que permita su circulación e intercambio. El conocimiento codificado o explícito y el incorporado o tácito, juegan un papel fundamental en la construcción de redes de conocimiento como se verá más adelante.

A partir de la identificación de distintos tipos de interacciones y de flujos de conocimiento se documenta cómo se constru-

yen los espacios regionales de conocimiento. Es importante hacer notar que, muchas de las redes que analizaremos a continuación se sustentan en una recombinación de capacidades ya existentes y en procesos de aprendizaje entre los actores contruidos a través de varios años.

2. Redes en el sector agrícola basadas en distintos tipos de conocimiento: los casos de la fresa y de la papa

Características del Estado de Guanajuato

El estado de Guanajuato, cuenta con una producción bastante diversificada, representando la agricultura uno de los sectores económicos importantes, que en 1993 contribuía con el 7,8 % del PIB (Valencia, 1998). Los principales cultivos agrícolas del estado son trigo, sorgo y cebada cuya superficie cosechada se duplicó entre 1980 y 1988 y las hortalizas, entre ellas el cultivo de brócoli y coliflor con un crecimiento asombroso en esos ocho años. Una gran parte de estos cultivos se destina al mercado de exportación, principalmente a Estados Unidos, Francia y Japón (Valencia, 1998). Cabe destacar que la producción y comercialización de la fresa ha ocupado un sitio importante en este estado, cuyas oscilaciones fueron notables en la década de los ochenta (Soto y Fuentes, 1992). Actualmente la producción del estado de Michoacán ha superado la de Guanajuato. Con respecto a la producción de papa Guanajuato es uno de los principales estados productores de este tubérculo junto con Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Jalisco, Michoacán y el Estado de México (CONPAPA, 1999), y cuenta con una Unión Agrícola Regional de Productores de Papa, quien promueve como parte de la Confederación de Productores de Papa de la República Mexicana la investigación agrícola de este cultivo.

Este estado concentra a un conjunto de importantes universidades y centros de investigación que se fueron conformando desde la década del cincuenta, lo que ha llevado a que actualmente cuente con 25 unidades de investigación de la Universidad de Guanajuato, cinco instituciones privadas, cinco del subsector de educación e investigación tecnológica, tres unidades de instituciones nacionales, tres centros SEP-CONACYT y una

dependencia de la Comisión Federal de Electricidad (CONCYTEG, 1998).

De acuerdo a Villagómez (1996), Guanajuato y la región del Bajío en general se ha caracterizado por una baja interpelación entre los industriales y los centros de investigación y desarrollo de la región. No obstante lo anterior, a finales de los noventa, como resultado de la iniciativa del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) y del Sistema de Investigación Miguel Hidalgo (SIHGO), el estado de Guanajuato ha adquirido una experiencia importante en este terreno en particular en la industria del cuero y el calzado en la que se ha alcanzado cierto grado de interacción entre empresarios, asociaciones empresariales y centros de investigación (véase capítulo Tirado/Luna). Distintas experiencias de interacción han sido impulsadas por el CONCYTEG, quien ha apoyado la formación de redes entre centros de investigación y usuarios en sectores económicos tan importantes como el de medio ambiente y recursos naturales, mediante un proyecto sobre agua subterránea, así como otros proyectos sobre artesanías y cerámica, producción textil y de confección, entre otros (Estrada, 1998), en los cuales aprovechando los conocimientos generados en distintas instituciones del Estado está impulsando la formación de redes entre distintos actores públicos y privados, y contribuyendo con ello a la creación de espacios de conocimiento en distintas localidades del Estado.⁵

Capacidades y políticas de vinculación del CINVESTAV-Irapuato

El Centro de Investigación y Estudios Avanzados de Irapuato (CINVESTAV-I) fue creado en octubre de 1981 como resultado de un proceso de desconcentración de este centro de investigación, inicialmente establecido en la Ciudad de México. Se ha caracterizado por dar un lugar importante a las investigaciones con potencial de generar resultados aplicables a corto y media-

5. El CONCYTEG ha creado 4 consejos regionales en el Estado, lo cual le permite una desconcentración del apoyo a proyectos y una interacción más ágil entre academia, empresarios, productores y gobiernos municipales. No es el propósito de este trabajo analizar los alcances de estas políticas, que sin duda resultan muy interesantes y a las que trataremos de dar seguimiento en trabajos ulteriores.

no plazo. Dentro de sus actividades se incluyen temas que inciden en aspectos básicos de la biología molecular y la ingeniería genética, cubriendo áreas de la bioquímica y la fisiología hasta llegar a las investigaciones más aplicadas en el campo de la biotecnología (CINVESTAV, 1996, 311).

Se trata de un centro de excelencia dedicado a la biotecnología agrícola y agroalimentaria, y el único instituto de investigación dedicado exclusivamente a esta área en el país. La mayoría de sus investigadores se han formado en el extranjero, lo cual es un factor que ha facilitado el establecimiento de redes de conocimiento internacionales, principalmente con las instituciones en las que realizaron sus doctorados. Se da una gran movilidad de profesores e investigadores a instituciones en el extranjero, así como un intercambio permanente con investigadores del exterior que visitan este centro para participar en eventos académicos. Las publicaciones se realizan predominantemente en revistas internacionales, todo lo cual indica que es un centro que mantiene flujos de intercambio con sus pares en otros países. Cuenta con un Departamento de Biotecnología y Bioquímica y otro de Ingeniería Genética y programas de maestría en ciencias y doctorado en ciencias con especialidad en Biotecnología de Plantas, con opciones en Ingeniería Genética, Biotecnología y Bioquímica.

El CINVESTAV-I realiza investigación sobre diferentes variedades agrícolas —algunas de interés para el estado y otras que se relacionan con otras entidades del país— principalmente mediante la utilización de técnicas de modificación genética. Entre las variedades más estudiadas son de mencionarse, fresa, papa, frijol, maíz, papaya, amaranto, jitomate, chile, espárrago, mango, y tabaco. Se trata en su mayoría de investigaciones que desarrollan modificaciones genéticas de las plantas, para obtener resistencia a virus, a insectos y hongos, alargar la vida de anaquel o para mejorar la maduración de los cultivos, entre otros objetivos.

Este Centro ha establecido numerosos convenios de colaboración, principalmente con importantes fundaciones e instituciones internacionales y con el CONACYT, a través de las cuales obtiene recursos extraordinarios importantes para desarrollar la investigación. También destacan convenios con el gobierno estatal y asociaciones de agricultores y productores de la región, in-

interesados en el mejoramiento de sus cultivos por vía biotecnológica (CINVESTAV, 1998). Entre los proyectos más importantes financiados por los usuarios están el de fresa, papa y frijol.

Este centro no cuenta con una unidad de vinculación para gestionar sus colaboraciones con los usuarios. Los convenios y contratos que se acuerdan se gestionan a través de las oficinas centrales del CINVESTAV en la Ciudad de México, a través de su Dirección General. Esta carencia en la estructura organizativa del CINVESTAV-Irapuato, que tiene entre sus objetivos generar resultados aplicables en el corto y mediano plazo, representa sin duda alguna una limitante para la transferencia de los conocimientos o otros sectores. Las acciones de vinculación son realizadas directamente por los investigadores y estudiantes involucrados en el proyecto sin contar con el apoyo de intermediarios o traductores.

El CINVESTAV-Irapuato ha pasado por varias etapas por lo que se refiere a sus relaciones con las empresas (Herrera Estrella, 1998; Vera-Cruz *et al.*, 1994; Villalobos, 1997). En una primera se aplicó la estrategia de ofrecer conocimientos a las empresas, buscando necesidades en las mismas, en donde los investigadores tenían que asumir un papel de promotores de la comercialización de sus investigaciones. Posteriormente, el centro decidió sólo atender las demandas que fuesen planteadas por los empresarios, a través de asociaciones de productores como fueron el caso del espárrago y la papa, para atender problemas regionales de estos cultivos. Después de esto el centro adoptó la estrategia de llegar sólo a la etapa de desarrollo de las «plantas madres», que posteriormente serían reproducidas por otras instituciones o por las mismas empresas. Es decir, el Centro decidió que no podría asumir la reproducción de las plantas modificadas y que no era su misión hacerlo (Herrera Estrella, 1998). Actualmente la estrategia que se aplica es la de obtener patentes de las nuevas variedades y venderlas a empresas interesadas en explotarlas (Herrera Estrella, 1998; Rivera, 1998). De hecho ya se ha vendido una sobre un sistema de resistencia a herbicidas, por la cual se cobró 400.000 dólares. Las empresas están solicitando que el centro patente los procesos apoyando ellas el costo del trámite con la opción de comprarla. Los investigadores son los que realizan directamente la negociación de las patentes, que implica firmar un contrato. Sin embargo, los

investigadores de este centro opinan que no se sabe cómo vender la patente ni los servicios. La opinión que prevalece entre las autoridades del centro es que no se considera que su papel sea transferir tecnologías (Martínez de la Vega, 1998).

Otro problema al que se enfrenta este centro es la falta infraestructura para incubar empresas o para gestar *spin-offs*, que ha sido el modelo típico seguido por los centros de investigación biotecnológicos en los países desarrollados. Uno de los problemas que se necesitaría resolver en este proceso es el de delimitar claramente cuál es la infraestructura que pertenece al centro y cuál a las nuevas empresas.

Se observan ciertas contradicciones en la visión de este centro hacia la vinculación con las empresas. Por su parte las autoridades expresan que el objetivo del centro es la formación de investigadores y la actividad de investigación; su misión no es resolver los problemas de los productores (Martínez de la Vega, 1998). Por otro lado, el centro cuenta con científicos muy capaces y capacidad para resolver problemas. Otros investigadores (Herrera Estrella, 1998), sostienen que la nueva estrategia del centro debe ser la de vender las patentes para que las exploten las empresas. Lo cierto es que no se cuenta con una política institucional respecto a las relaciones con los sectores productivos, aspecto que fue corroborado con distintas autoridades de esta institución. La actividad de vinculación que se realiza a título personal o a nivel de los laboratorios, se basa en la demanda de las empresas o productores, como han sido las experiencias con los agricultores de Sinaloa, los productores de espárrago, Bioquimex y la Fundación Guanajuato Produce (Rivera, 1998). Aunque para cada actividad se firman convenios o contratos, las vinculaciones, desde nuestra perspectiva, parecen estar un poco fuera de la vía institucional y es una actividad asumida directamente por los investigadores interesados.

En el CINESTAV-Irapuato existen diferentes grupos de opinión respecto a la vinculación: quienes se centran en la investigación básica no ven con buenos ojos la vinculación; en términos generales esta posición es sostenida por los investigadores mayores del centro; otros grupos, que representarían a la mayoría en la unidad, buscan el balance entre investigación básica, que siempre se realizará y la investigación aplicada, que se desarrollará en la medida en que haya demandas de los usuarios. Sin

embargo, la investigación aplicada también se realiza de acuerdo a las instituciones que la financian, que como el SIHGO-CO-NACYT,⁶ condicionan el financiamiento al apoyo de un usuario potencial (Rivera, 1998). De alguna manera, como lo afirma Villalobos (1997), el centro estaría en lo que podría considerarse como su tercera etapa, lo que le está permitiendo transferir los resultados de la investigación a los usuarios potenciales.

El no contar con los canales adecuados para regular las relaciones con las empresas, la transferencia de tecnologías, la prestación de servicios y el patentamiento y licenciamiento, representa una limitación del centro para extender sus conocimientos a distintos sectores de la sociedad y poder impactar el desarrollo regional. El reto de esta institución, expresado por sus directivos, es cómo conjugar investigación básica y aplicada sin atentar contra sus objetivos fundamentales.

A partir de la evidencia empírica recopilada en este centro de investigación en biotecnología agrícola es posible distinguir dos tipos de redes de acuerdo al tipo de conocimiento en el que se apoya su construcción,⁷ que podrían ser también documentadas en otros campos tecnológicos, es decir que no son específicas ni privativas de la biotecnología: *a*) redes basadas en la investigación convencional y/o en conocimiento ya adquirido, que serían el equivalente a lo que Shohet y Prevezer (1996) denominan vinculaciones a través del conocimiento; y *b*) redes basadas en la transferencia de conocimientos de frontera, que de alguna manera tendría alguna relación con las vinculaciones económicas y financieras de los autores citados, ya que se sustentan en el patrocinio del sector privado a la investigación.

En cada uno de estos tipos de redes se dan interacciones en las que destacan algunos actores, adquiriendo en el caso de México un papel muy importante los productores a nivel regional y la participación de los gobiernos estatales y/o locales. Asimis-

6. Se trata del Sistema de Investigación Regional Miguel Hidalgo dependiente de la Dirección Adjunta de Investigación Regional del CONACYT.

7. Shohet y Prevezer (1996, 287) construyen tres modelos diferentes que operan en el desarrollo biotecnológico, que son sugerentes para el análisis que se presenta en este capítulo: el modelo basado en relaciones de conocimiento; el sustentado en relaciones económicas y financieras y un tercero sustentado en relaciones contractuales. Estas ideas serán utilizadas al analizar los distintos tipos de redes que se construyen en este campo tecnológico.

mo, el tipo de flujos de conocimiento en el que se sustentan cada una de estas redes, adquiere características particulares que se analizarán a continuación.

*Redes basadas en conocimiento acumulado*⁸

Desde la década de los ochenta investigadores del CINVESTAV-I han realizado esfuerzos para interesar a los productores de fresa de Irapuato en los conocimientos y técnicas acumulados en este centro que podrían ser de utilidad para resolver las enfermedades que aquejan a este cultivo. Mediante la aplicación de una tecnología y de conocimiento disponible hace 20 años, la micropropagación *in vitro*, se multiplican partes de plantas y se asegura la producción de fresas libres de virus, lo que repercutiría en una más elevada producción de esta hortaliza.

Los investigadores de este centro se acercaron a los productores en diferentes momentos durante los ochenta, para ofrecerles su conocimiento aunque no hubo una respuesta favorable (Joffre, 1998). Sin embargo, en 1995 se produjo un nuevo intento, encabezado por un investigador de este centro, quien logró concertar que el Gobierno Estatal, el Gobierno Municipal y los productores de fresa realizasen una aportación, de un total de 300.000 pesos para establecer un laboratorio para que el CINVESTAV-I enseñase a los productores a micropropagar las fresas a nivel laboratorio y posteriormente llevarlas a viveros e invernaderos. Es decir, transferirles la tecnología y el conocimiento tácito para que ellos realizasen esa tarea y pudieran producir sus propias plantas de fresa.

Esta primera acción, promovida por la academia, que aprovechó un proceso de interacciones informales previas con los productores y los gobiernos estatal y municipal, pretendía hacer llegar a los productores de fresa conocimiento ya disponible en

8. La información en que se sustenta este estudio de caso fue recopilada mediante visita *in situ* y entrevistas directas realizadas con los investigadores del CINVESTAV-I y con algunos productores de fresa de Guanajuato del 29 de junio al 2 de julio de 1998 en la ciudad de Irapuato, Guanajuato. También se realizaron entrevistas con representantes de la Fundación Guanajuato Produce en la ciudad de Celaya, Guanajuato el 26 de noviembre de 1998, y con funcionarios del Consejo de Ciencia y Tecnología de Guanajuato (CONCYTEG), el 29 de enero de 1999. Cuando se citan opiniones textuales de cada entrevistado se proporciona la referencia precisa.

ese centro. El laboratorio para micropropagación se construyó en los terrenos del CINVESTAV-I con el fondo aportado por el gobierno y los productores. En 1996 se ofreció el primer curso de micropropagación al que asistieron muy pocos productores de Irapuato, lo que demostró el escaso interés que tienen por aplicar el conocimiento a su cultivo. Esta experiencia también indica que no es fácil lograr la transferencia de conocimientos para que ellos realicen el proceso de manera independiente. Ello planteó un problema al centro de investigación ya que no es su función encargarse de la micropropagación de plantas a nivel laboratorio y después venderlas a los productores. A esto habría que agregar lo siguiente: el escaso interés de los productores que radica en que las especies de fresa que micropropaga el CINVESTAV-I no son las de interés para ellos (Elías Calles, 1998); la producción de fresa que se destina a la exportación está controlada por grandes empresas comercializadoras y congeladoras que operan en la región (Soto y Fuentes, 1992); y, desde hace varios años, el principal productor de fresa es el estado de Michoacán y no Guanajuato.

Sin embargo, el CINVESTAV-I ha continuado sus interacciones con los productores y estableció contacto y un convenio con la empresa FREXPORT de Zamora, Michoacán, perteneciente al Grupo BIMBO —que cultiva fresas para fabricar mermeladas—, a quien el centro de investigación le transfiere las plantas micropropagadas, encargándose la empresa de aclimatarlas y pasarlas directamente a invernadero y después a vivero en sus campos y vendiéndolas posteriormente a productores de Irapuato. Es así que FREXPORT actúa como intermediario entre el CINVESTAV-I y los productores de fresa de Irapuato, quienes prefirieron pagar los costos que implica la fase de micropropagación y posteriormente la de propagación en campo en vez de encargarse ellos mismos de estas actividades.

Los investigadores que han participado en este proceso afirman que los productores de fresa de Irapuato son en general incrédulos y dudosos de los aportes que pueda hacer la investigación a sus cultivos; lo que muestra la resistencia de los productores del campo al cambio tecnológico y a hacerse cargo de procesos tecnológicos que desde su perspectiva les resultan muy sofisticados. El proceso que han tenido que seguir los investigadores del CINVESTAV-I es demostrar a los productores

de Irapuato que la técnica de micropropagación es exitosa, a través de la experiencia directa con FREXPORT que se ha traducido en hechos concretos.

El CINVESTAV ha transferido conocimiento a la empresa, a través de su incorporación en las plantas micropropagadas. Este conocimiento que está incorporado en un cultivo, es de carácter codificado y podría ser libremente intercambiado en el ámbito público e incluso podría ser copiado. La interacción en este caso se ha sustentado en la movilidad de personal entre el centro de investigación y la empresa, en la transmisión de conocimiento tácito o incorporado en los investigadores del centro, así como en la accesibilidad de los productores a los nuevos materiales, es decir, las plantas micropropagadas.

En 1998, la Presidencia Municipal de Irapuato mostró interés por este proyecto y tomó la iniciativa de hacer prosperar esta interacción convocando al CINVESTAV-I y a los productores a diversas reuniones que tuvieron lugar en la Presidencia Municipal y a la que asistieron tanto productores como industrializadores y comercializadores de la fresa de Irapuato.

A partir del interés manifestado por los gobiernos estatal y municipal y por algunos grupos de productores de fresa, se dieron las condiciones para iniciar un nuevo tipo de interacción promovido por la Fundación Guanajuato Produce. Esta institución de carácter mixto, está conformada por productores organizados en colaboración con el Gobierno Federal y el del Estado de Guanajuato y tiene como finalidad que, a partir de programas de apoyo tecnológico, se comparta el uso de la tecnología como soporte para la producción (Elías Calles, 1998). Por lo tanto cuenta con la participación de los productores agrícolas del estado que tiene entre sus intereses mejorar los principales cultivos de Guanajuato. Esta fundación reúne fondos del sector público y privado y otorga financiamiento, por concurso, a instituciones para realizar investigación integral y coordinada sobre los cultivos de su interés.

Respondiendo a sus convocatorias periódicas, en 1998 el CINVESTAV-I presentó una propuesta de investigación sobre la fresa, conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto de Ciencias Alimentarias de la Universidad de Guanajuato, con quienes ha empezado a establecer una red de conocimiento. El

requerimiento de la Fundación Guanajuato Produce es la presentación de proyectos interinstitucionales sobre un determinado cultivo, como un mecanismo para favorecer la creación de redes entre los centros de investigación que conlleve a aportar soluciones integrales a un problema agrícola, respondiendo a los intereses de los sectores público y privado. Para tal efecto los investigadores de los tres centros se reunieron para presentar un proyecto que abarque dos frentes importantes relacionados con la fresa: la calidad del fruto y la calidad de la planta. El proyecto se encuentra en proceso y habría que evaluar posteriormente si se logró la interdisciplinariedad y la colaboración interinstitucional.

Paralelamente a lo anterior, las relaciones bilaterales entre el CINVESTAV-I y la empresa privada FREXPORT han progresado. El centro de investigación se interesa por realizar en un futuro modificación genética de la fresa para introducir resistencia a bacterias, hongos, virus y herbicidas. Es decir, generar fresas transgénicas. Este proyecto ha sido planteado a representantes de FREXPORT quienes están dispuestos a establecer un convenio de largo plazo, sin fecha para entrega de resultados, pero con un programa de actividades. La empresa ha decidido aportar 500.000 pesos para un año de actividades y el convenio se encontraba en firma en 1998 (Joffre, 1998).⁹

Adicionalmente, otro actor está jugando un papel importante en el apoyo a la investigación sobre fresa. Se trata del Sistema Producto Fresa que depende de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR), que tiene especial interés en apoyar la investigación sobre este cultivo.¹⁰ Sus representantes (Aguirre, 1998) afirman que en este sistema participan los freseros más modernos, con mayor nivel educativo y en general son hijos de viejos productores que se quedaron con el negocio de los padres. Este grupo de productores quiere independizarse de la

9. Cabe hacer notar que a nivel internacional la empresa DNA Plant Technology ha realizado un acuerdo con la empresa United Agricorp Inc. para modificación genética de fresas, introduciendo genes para tolerar congelamiento, y en la Universidad de California se trabaja en modificación genética para endulzamiento y extensión de vida de anaquel, en tanto que en la Universidad de Georgia se trabaja en resistencia a enfermedades.

10. Estos sistemas se derivan de una política gubernamental conocida como Alianza para el Campo y tiene como propósito impulsar el desarrollo de la cadena productiva completa de los productos agrícolas.

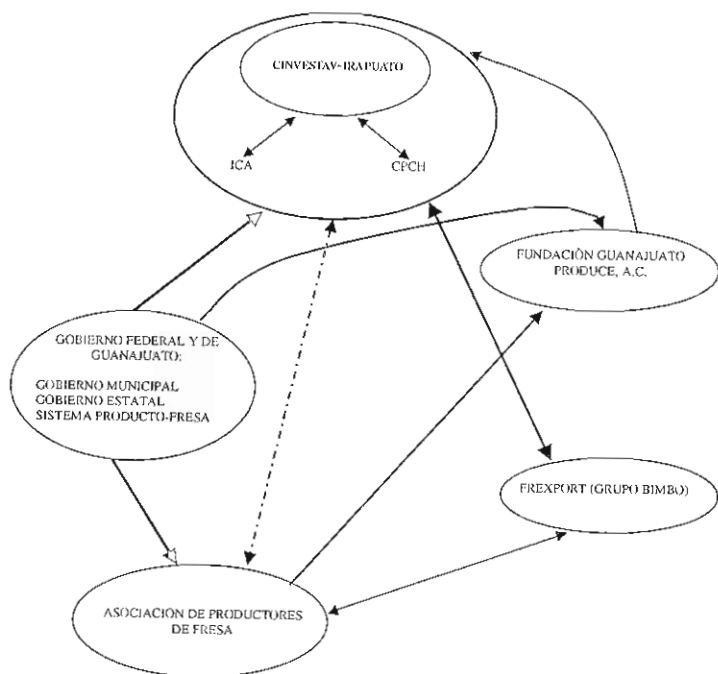
compra de plántulas de fresa o plantas madres de los EE.UU., para disminuir los costos de producción y asegurar que las plantas estén libres de enfermedades. A diferencia de otros productores de fresa que son muy renuentes a los cambios técnicos y que no creen en la investigación científica, esta agrupación es muy optimista del proceso de micropropagación que tiene el CINVESTAV-I, al que ha canalizado apoyos con este fin. Actualmente también financia otro proyecto en este centro para la detección de la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en la fresa. Potencialmente también estarían interesados en apoyar otro proyecto para el análisis de las enfermedades por hongos (Aguirre, 1998). Este organismo gubernamental considera integralmente otros problemas de los productores de fresa como son los insecticidas, fertilizantes, la industrialización y la comercialización. Su posición es que para todos estos problemas les parece muy importante la colaboración con el CINVESTAV-I ya que es un centro de excelencia que puede aportar mucho a la producción de fresa en el estado de Guanajuato.

De este caso, se desprende el CINVESTAV-I como actor institucional ha sido promotor de diversas redes de conocimiento que abarcan tanto al estado de Guanajuato como el de Michoacán, por lo que las redes en esta caso tienen un carácter regional que abarca a dos estados productores de fresa (diagrama 1).

En este sentido esta institución ha contribuido a la formación de un espacio de conocimiento regional que abarca dos estados (Guanajuato y Michoacán), mediante el desarrollo de capacidades de investigación (CINVESTAV-I, INIFAP y Universidad de Guanajuato) y la formación de redes con muy distintos actores.

También se ha podido documentar que la formación de redes de conocimiento que hagan posible su transmisión requiere de ciertas condiciones, entre otras un nivel de formación o especialización de los agentes que participan en estas transferencias. La incredulidad de algunos productores de fresa de Irapuato, surge por el nivel educativo y el bajo grado de especialización técnica que estos poseen. Sin embargo, otros productores que participan en la Fundación Guanajuato Produce y en el Sistema Producto Fresa, que tienen un mayor nivel educativo y de conocimientos técnicos muestran una mayor conciencia de la importancia del conocimiento para la producción de la fresa

DIAGRAMA 1
Redes basadas en conocimiento acumulado: el caso de la fresa



en la región que se demuestra en su interés por apoyar un proyecto interinstitucional e integral sobre este cultivo. Por su parte la red de conocimientos establecida con FREXPORT se sustenta en las posibilidades que los investigadores del CINVESTAV-I han tenido para comunicarse con representantes de esa empresa que cuentan con una formación profesional y técnica elevada y a quienes además les interesa competir en los mercados internacionales e incrementar sus exportaciones a Japón.

La formación de una red de conocimientos entre este centro de investigación y productores ha implicado la participación de actores colectivos, tales como la Fundación Guanajuato Produce en la que participan diferentes asociaciones y productores de

hortalizas del Estado, y de actores institucionales representados por una empresa y por dos organismos gubernamentales y privados, quienes promueven la transferencia de conocimientos a los usuarios.¹¹ Es decir, la transferencia directa de conocimientos acumulados por el CINVESTAV-I a los productores no ha sido la vía idónea para establecer la red de conocimiento, por lo que se ha tenido que recurrir a otros actores que juegan el papel de intermediarios, como la empresa FREXPORT, la Fundación Guanajuato Produce y el Sistema Producto Fresa.

En este proyecto, sustentado en la transferencia de conocimientos convencionales, el CINVESTAV-I ha jugado el papel del actor que ha tomado la iniciativa para construir la red, proceso que ha llevado más de una década. Sin embargo, el liderazgo actual del proyecto, a nuestro juicio, lo juega la Fundación Guanajuato Produce que de alguna manera está jugando el papel de coordinador entre los actores. Como lo hemos tratado de mostrar en el diagrama 1 en esta red participan varios actores y las relaciones están predominantemente basadas en interacciones bilaterales entre ellos, pero no en una acción concertada entre todos los agentes. Es decir, no se observa aún un proceso interactivo que involucre a todos los actores y que esté dando lugar a un Modelo de Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995).

Sin embargo, cabe hacer notar, que en la conformación de esta red, no se ha tenido en cuenta la problemática social, económica y política por la que atraviesa la producción de fresa en México, que está básicamente orientada a la exportación para completar las demandas de este fruto en los Estados Unidos en las etapas invernales (Soto y Fuentes, 1992). Este constituye un importante factor a ser considerado en la elaboración de una política orientada a este cultivo.

El gobierno de Guanajuato no ha definido explícitamente un programa estatal de producción de fresa, lo que debería hacer conjuntamente con el gobierno de Michoacán, por tratarse

11. Aquí nos referimos a los cuatro grupos institucionales que emergen en los procesos de transferencia de tecnología de acuerdo a Shohet y Prevezer (1996): los financiadores, quienes patrocinan la investigación, los huéspedes del sector público quienes proveen del ambiente en el que se conduce la investigación, los usuarios, quienes comercializan la investigación y los intermediarios que transfieren la tecnología de los huéspedes a los usuarios.

de una región productora de este fruto. La Fundación Guanajuato Produce y el Sistema Producto Fresa están jugando un importante papel para la futura definición de una política para ese cultivo. Por su parte el CINVESTAV-I desarrolla investigaciones sobre diferentes aspectos relacionados con la fresa, algunos referidos a la planta y otros al fruto, por lo que se observa la emergencia de un proyecto de investigación integral sobre este cultivo en esa institución, que implica la investigación en distintos campos disciplinarios, convencionales y de frontera como la biotecnología y la construcción de redes de conocimiento con otros centros de investigación de la región.¹² El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG), que actualmente aplica una política sustentada en un enfoque de formación de redes a nivel estatal, debería jugar un papel clave en el apoyo a esta red emergente.

*Redes basadas en conocimientos de frontera*¹³

Este es un patrón poco común de formación de redes de conocimiento, que está basado en la transferencia de tecnología y de conocimientos de una empresa transnacional a un centro de investigación público. Es importante resaltar que para que se pueda gestar este patrón, las capacidades locales de investigación de frontera son una condición necesaria, para hacer posible el flujo de conocimientos entre lo privado internacional y lo público nacional.

Este patrón se ilustra con el proyecto CINVESTAV-I/Monsanto para la resistencia a virus mediante la modificación genética de papas de interés regional. En México 60 % la producción total de papa se cubre a través de una sola variedad, la Alfa y lo que caracteriza a este cultivo es que se siembra papa con papa y no con semilla. Esto conlleva muchos riesgos en la transmisión

12. Es decir, que este patrón de construcción de redes basadas en conocimiento ya adquirido, estaría evolucionando hacia nuestro tercer patrón de flujos de conocimiento, caracterizado por la multidisciplinaria para resolver en forma integral un problema específico, patrón que se documentará en el estudio de caso del camarón.

13. El análisis de esta red de conocimiento tomó en consideración el estudio realizado por Commandeur (1996), y lo complementó con información recabada mediante entrevistas directas realizadas en el CINVESTAV-Irapuato entre el 29 de junio y el 2 de julio de 1998.

de enfermedades particularmente a través de virus.¹⁴ Es por esta razón que el CINVESTAV-I se interesa por resistencia a virus, para aplicarla a esta y a otras variedades de interés nacional, tales como la Rosita y la Norteña, es decir su interés no está exclusivamente circunscrito a las variedades del estado de Guanajuato. La variedad Alfa es usada por la mayoría de los pequeños productores, en tanto que la Rosita es utilizada por los pequeños productores de Michoacán y Puebla y la Norteña por los agricultores del Norte como su nombre lo indica. Respecto a los impactos sociales de la modificación genética, Rivera (1998) argumenta que cualquier cambio tecnológico va a llegar primero a los grandes agricultores a través de la semilla, pues son estos los que tienen recursos para adquirir semillas nuevas, en tanto que los efectos a los pequeños productores serán posteriores y se darán por la vía de la siembra del tubérculo, pero en este caso en forma segura, ya que estaría libre de virus.

En 1991 el CINVESTAV-Irapuato inicia una interacción con la empresa Monsanto para ese propósito. Es importante mencionar que esta interacción se sustenta en contactos individuales e informales previos que constituyeron la base para la formación de esta red y no en contactos por la vía institucional: un investigador del CINVESTAV-I y el director de la sección agricultura de Monsanto. Dicha empresa había desarrollado la tecnología aplicada a otras variedades de papa de interés internacional y el CINVESTAV-I lo que buscaba era poder tener acceso a la tecnología para aplicarla a variedades de interés nacional.

El proyecto se ha desarrollado en diversas etapas a lo largo de siete años, durante los cuales se introdujeron dos genes para resistencia a dos virus aplicados a tres variedades de papa. Esta investigación fue realizada exclusivamente mediante el convenio con Monsanto y con el apoyo de la Fundación Rockefeller,

14. Con respecto al tipo de microorganismo que es el causante principal de las enfermedades de este cultivo, y a partir de las fuentes consultadas no existe un acuerdo. Rivera y Villalobos (1999) sostiene que entre el 30 y el 40 % de la producción mundial de papa se pierde debido a los efectos directos e indirectos de virus, sin que se proporcionen datos específicos para México. Por su parte, Chauvet *et al.* (1999) sostienen que los mayores productores de papa en México, así como los especialistas en este cultivo, no atribuyen a los virus las enfermedades que presenta el cultivo y asumen que más bien se deben a la incidencia de hongos. De acuerdo a estos últimos autores esto pone en duda la relevancia social de las transformaciones genéticas realizadas por el CINVESTAV-I.

quien fungió como agencia financiadora en el convenio que CINVESTAV-I estableció con esa empresa. A diferencia de otros proyectos que analizamos en este capítulo, esta iniciativa no fue promovida por los productores de papa, ni por el gobierno en forma directa. En todo caso, el apoyo gubernamental consistió en la participación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), quien originalmente se encargó de las pruebas de campo en diversos lugares del país (Sinaloa, Saltillo, Celaya y Toluca).

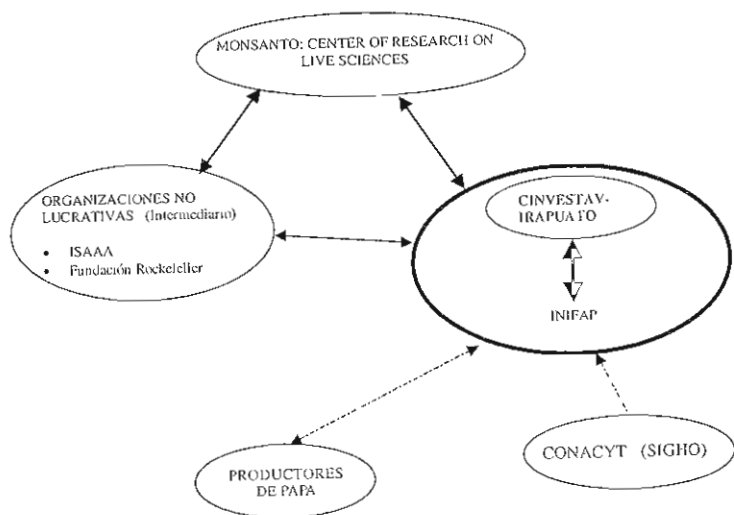
La transferencia de tecnología implicó diversos flujos de conocimiento, que de acuerdo a los investigadores participantes en este proyecto fue la experiencia más rica, ya que la venta de la semilla y el cultivo de las papas modificadas genéticamente es un asunto que concierne a otros ámbitos institucionales diferentes al académico (Rivera, 1998). Entre las transferencias de conocimientos más importantes son de mencionarse las siguientes: a) la transferencia de los genes modificados por Monsanto al CINVESTAV-I; el entrenamiento y capacitación en las técnicas de modificación genética de la papa de investigadores del CINVESTAV-I en el Centro de Investigación de Ciencias de la Vida de Monsanto en San Luis Missouri. Este es uno de los aspectos más relevantes del proyecto e implicó la transmisión de conocimiento tácito; las pruebas de campo de la papa Alfa, genéticamente modificada, que fueron realizadas en el estado de Washington, así como en instalaciones del INIFAP; la adquisición de equipo especializado por el CINVESTAV-I; y un rápido avance en la adquisición de las capacidades científicas para desarrollar las nuevas variedades modificadas (diagrama 2).

Además, a medida que la transferencia de tecnología fue asimilada e integrada a las variedades de papa nacionales, los investigadores del CINVESTAV-I, tuvieron la necesidad de adquirir conocimiento y capacitarse en cuestiones de bioseguridad, para tener las condiciones, que les permitieran incursionar en la parte normativa de la liberación de las plantas transgénicas, que aún se encuentra en proceso.

La red de conocimiento no se estableció exclusivamente con la empresa, sino que implicó la participación de otros actores, tanto en el plano internacional como en el nacional. En el primero participaron instituciones que sirvieron como intermedia-

DIAGRAMA 2

Redes basadas en la transferencia de conocimientos de frontera entre el sector privado y el público: el caso de la papa



rios, tales como la International Service for Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA), que es una organización no lucrativa y que tiene el papel de facilitar la adquisición de tecnología de los países industrializados para el beneficio de los países en desarrollo. Sin embargo, esta organización al parecer ha representado un obstáculo para la interacción directa entre Monsanto y CINVESTAV-I (Blanco, 1997); b) la Fundación Rockefeller que fungió como patrocinadora, principalmente a través de sueldos y pago de gastos de viaje de los investigadores a los Estados Unidos, así como de la compra de reactivos y equipo por el CINVESTAV-Irapuato.

En el plano nacional el CINVESTAV-I consolidó sus redes de conocimiento con el INIFAP, quien en un primer momento se encargó de realizar pruebas de campo de las variedades de papa modificadas en distintas partes de México, puesto que este instituto cuenta con un Programa Nacional de Papa y campos

para llevar a cabo las pruebas. Este instituto gubernamental, que no estaba convencido de la factibilidad de aplicación de técnicas biotecnológicas para la producción de plantas transgénicas, después de un proceso de aprendizaje con el CINVESTAV-I, se interesó por la investigación en este campo. El centro ayudó a capacitar y a conseguir oportunidades para que investigadores del INIFAP tomaran cursos fuera del país. Asimismo, algunos de los investigadores de este instituto siguieron el doctorado en biotecnología de plantas en el CINVESTAV-I dando lugar a la capacitación especializada y a la formación de un grupo de investigación en biotecnología de plantas en el INIFAP y al establecimiento de muchos convenios de colaboración en investigación entre las dos instituciones. De hecho el INIFAP participó directamente en los dos últimos acuerdos firmados con la Fundación Rockefeller, y figuró institucionalmente en esos documentos. Es así que las redes de conocimiento entre el CINVESTAV-I y el INIFAP, que antes de este proyecto eran muy limitadas, se han estrechado (Rivera, 1998), lo que ha facilitado el flujo de conocimientos de carácter tácito y codificado entre estas dos instituciones a nivel local. Por lo anterior el estado de Guanajuato ha logrado configurar un espacio de conocimiento en el campo de la modificación genética de plantas en particular en papa, constituido tanto por las capacidades científicas y tecnológicas acumuladas en este estado en dos instituciones de investigación, como por la conformación de redes de conocimiento entre ellas.

Cabe destacar que este proyecto ha implicado el aprendizaje entre actores nacionales e internacionales en un período que tiende a ser de largo plazo. La relación con Monsanto, a través de la Fundación Rockefeller, fue inicialmente de cuatro años, ampliándose a cinco, más dos años requeridos para las pruebas de campo. También es de resaltarse, que el proyecto financiado por esa fundación no requirió conseguir más financiamiento, por lo que el CINVESTAV-I, no demandó apoyo de ningún programa gubernamental. Es solamente en el último año que este centro de investigación ha solicitado apoyo a CONACYT a través del Sistema Regional de Investigación Miguel Hidalgo (SIHGO) para la modificación genética de resistencia a un tercer virus. Sin embargo, la participación del gobierno y de los productores va a ser indispensable una vez que se autorice la libe-

ración de las semillas modificadas, ya que serán ellos quienes se encarguen de producirla y venderla.¹⁵

Este modelo de red de conocimiento se sustenta en interacciones que se producen en el plano local, dentro del Estado de Guanajuato y redes que se construyen en el plano internacional. Sin embargo, la red para la transferencia de conocimientos en papa transgénica, aunque inicialmente localizada en el estado de Guanajuato al ser transferidos los conocimientos a los usuarios se extendería a otros estados del Norte del país, con lo que podría conformarse una red referida a un sector particular de la agricultura orientada a la producción de papa. Si bien la red se origina en relaciones de carácter informal, posteriormente se reafirma y consolida a través de interacciones de tipo contractual o formal, para la apropiación del conocimiento y para su posterior patentamiento. En tanto que es posible afirmar que esta red de conocimiento está construida y consolidada, la aplicación de la nueva tecnología (semillas de papa modificada genéticamente) depende de la intervención de nuevos actores. El CINVESTAV-I ha realizado un avance de frontera en la transferencia genética apoyado en la ciencia, aunque estas capacidades aún no han llevado a la innovación tecnológica, es decir la aplicación del nuevo producto (el cultivo y consumo de las papas modificadas). El proceso de certificación de las semillas modificadas genéticamente, ha implicado abrir un nuevo capítulo en el proceso de certificación de semillas en México por tratarse de semillas transgénicas. Una vez concluido este proceso nuevos actores tales como la Productora Nacional de Semillas y los gobiernos estatales, deberán intervenir para lograr la producción masiva de semillas y su distribución y venta a los agricultores y serán quienes definirán el rumbo e impactos sociales de la aplicación de la innovación tecnológica.

15. Aquí será de particular importancia la participación de la empresa Productora Nacional de Semillas (PRONASE), de quien depende que éstas lleguen a los productores de papa.

3. Redes en el sector agrícola construidas sobre la iniciativa del sector empresarial: el programa agave-tequila

La producción de tequila en Jalisco

Una de las actividades industriales más importantes de este estado es la producción de tequila. A fines del siglo XIX llegó a ser una de las principales industrias, que contaba entonces con 19 fábricas localizadas en la región de Tequila y sus alrededores. Las características climáticas, de altitud, ciclo de lluvias, composición del suelo, grado de humedad, y tiempo de duración de los períodos de estiaje, dan a la región jalisciense la particularidad para el cultivo del agave y sus especificidades para la producción de la bebida denominada tequila. Dentro de Jalisco dos son las regiones en las que se cultiva el agave los Altos y la región de Tequila.

El tequila es una bebida alcohólica resultado de la fermentación y destilación del aguamiel de la piña de la planta del *agave tequilana weber* azul. Por tanto para su producción se requiere, por un lado, un buen manejo de la planta y de sus enfermedades y por el otro, de un proceso estandarizado para la fermentación y destilación a nivel industrial, que cumpla con las normas de producción establecidas

En los últimos treinta años el tequila ha pasado de ser una bebida regional de aceptación nacional, a ser una de las bebidas con mayor reconocimiento y crecimiento en los mercados de exportación. Actualmente cerca de 42.000 familias viven alrededor de la industria tequilera (Vázquez, 1999).

En 1977 y ante las frecuentes falsificaciones de esta bebida a nivel internacional,¹⁶ se aprueba y se publica en el *Diario Oficial de la Federación*, su Denominación de Origen, reconocida primero en Estados Unidos y Canadá y en 1997 por la Unión Europea. En junio de 1999 concluyó el período de gracia que México otorgó a los productores tequileros europeos para continuar fabricando tequila en ese continente, con lo cual las expec-

16. Esta falsificación se daba en el tequila requerido para fabricar el internacionalmente conocido cocktail margarita. El particular los japoneses comercializaron en los mercados de Estados Unidos y Europa «margaritas» con un «tequila» por ellos elaborado. Esto ocasionó la movilización de los tequileros mexicanos para lograr la denominación de origen.

tativas de crecimiento de la producción de tequila en México aumentan, ya que los países europeos tendrán que importarlo de nuestro país.

Con esta medida el tequila queda protegido en el mundo entero al señalarse que este producto tiene su origen en México y que al área geográfica que comprende (incluyendo los factores ecológicos, suelo, clima, precipitación pluvial, altitud, agua, etc., y a los factores humanos técnicas de cultivo, proceso tecnológico de elaboración, dirección, comercialización, etc.) debe su calidad y características peculiares. En la denominación de origen quedan incluidos además del estado de Jalisco, municipios de los estados de Guanajuato, Michoacán, Nayarit y Tamaulipas que cumplen con los requisitos de calidad expedidos por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) en 1977.

Esta medida tuvo un efecto importante en la producción nacional y en las exportaciones tequileras. En 1997 la producción aumentó 16,5 % respecto a 1996 y en 1998 se esperaba 12 % respecto al año anterior. Y lo que es más importante es el crecimiento que ha experimentado la producción de tequila 100 % de agave (Alvarado, 1998), respetando la Norma Oficial Mexicana (NOM)-Tequila. El 84 % de las exportaciones son a los Estados Unidos, el 10 % a Europa y el restante a América Latina y Asia. Actualmente se cuenta con 71 empresas productoras de tequila y 550 marcas que han sido certificadas por el Consejo Regulador del Tequila (CRT) (Vázquez, 1999).

El Consejo Regulador del Tequila (CRT)

A raíz del proceso de globalización de la economía, surge el interés del Gobierno Mexicano de transferir al sector privado las funciones de normalización, verificación y certificación de calidad de productos y servicios que hasta entonces venía desempeñando el gobierno federal. La nueva Ley Federal de Metrología y Normalización, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 1.º de julio de 1992 permite y promueve que organismos del sector privado se responsabilicen de las labores de certificación para dar cumplimiento a las normas oficiales mexicanas y entre ellas la Norma del Tequila (CRT, 1999a).

De estas actividades queda encargado el Consejo Regulador del Tequila que es un organismo del sector privado, no lucrati-

vo, de alcance nacional e internacional, con su propia personalidad jurídica. Sus objetivos son, entre otros asegurar a través de la verificación y certificación el cumplimiento de la NOM-Tequila y garantizar al consumidor la genuinidad del producto salvaguardando la denominación de origen en México y en el extranjero.

Su Consejo Directivo está integrado por productores de Tequila, productores de agave, envasadores y distribuidores, y representantes del Gobierno Mexicano (SECOFI, SAGAR, D.G.N., SEDER, S.SALUD, IPI y PROFECO). De este Comité depende el Comité Técnico de Certificación y el Comité Técnico de Normalización. Actualmente el CRT agrupa a 67 productores de tequila, 7 productores de agave y 11 envasadores y comercializadores (CRT, 1999a). Cuenta con un laboratorio y un departamento de aseguramiento de la calidad, que realizan las siguientes funciones: el área certificadora se encarga de certificar el producto, dar seguimiento a este y de su exportación; el área verificadora, revisa las normas de la materia prima, de la elaboración y envasado del producto, así como de los procesos de añejamiento, reposado y traslado; y, finalmente, un área administrativa que coordina los recursos humanos y la tesorería. Este Consejo lleva un control muy estricto sobre el proceso de fabricación del tequila, se encarga de sellar las barricas antes de que inicie el proceso de añejamiento, supervisan el tiempo de añejamiento y el proceso de embotellado de la bebida y en el caso de empresas grandes como Sauza, funcionarios del CRT tienen presencia permanente en sus instalaciones (Vázquez, 1999).

Los integrantes del CRT han mostrado una gran preocupación por asegurar la calidad en la producción tanto del agave como del tequila que les permita seguir compitiendo en los mercados internacionales, razón por la cual han promovido un programa para resolver las enfermedades que atacan actualmente a la planta. Para ello han buscado las capacidades instaladas en centros de investigación públicos en el país en los que han encontrado potencialidades para resolver esos problemas. Cabe mencionar que algunas de las grandes empresas tequileras como Sauza y Tequila Cuervo cuentan con campos experimentales y laboratorios de investigación que les permite estar al día en los conocimientos sobre la producción de agave y tequila (Vázquez, 1999). Es importante mencionar que algunas de las

empresas tequileras han mantenido relaciones estrechas con el trabajo que se realiza en las universidades y centros de investigación, sobre todo por lo que se refiere al combate a las enfermedades de esta planta y a los procesos de fermentación. Es decir, de parte del sector empresarial encontramos antecedentes importantes de interacción con el sector académico, mismas que han constituido una base para la formalización de una red de colaboración en este campo.

El CIATEJ y su vinculación con los productores de agave y tequila

El Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Jalisco (CIATEJ) fue creado en 1976 como una asociación civil sin fines de lucro a iniciativa de un grupo de empresarios del ramo de la joyería del Estado de Jalisco, quienes expusieron su necesidad de asistencia tecnológica al entonces Instituto Mexicano de Comercio Exterior y al Departamento de Economía del mismo Estado (CONACYT, 1998, 539). A fines de 1980, se realizó un estudio del mercado de servicios del CIATEJ, a partir del cual se orientó hacia los sectores alimentario, químico farmacéutico, energía, salud y medio ambiente, aplicado al procesamiento de agrorecursos y complementado con los servicios tecnológicos de laboratorio, información, economía y educación (CONACYT, 1998, 544). En 1987 se redefine nuevamente la misión del CIATEJ, elaborándose en 1988 el Programa Institucional Estratégico de Desarrollo y a partir de entonces y con base en el Programa Nacional de Modernización de la Empresa Pública, quedó catalogado como Entidad de Servicio Institucional (CONACYT, 1998, 550), siendo su objetivo fomentar el desarrollo tecnológico del país y poner la tecnología al servicio de las empresas.¹⁷

Cuenta con una experiencia de vinculación amplia con distintos sectores de la sociedad, resultado de sus 23 años de exis-

17. Este centro cuenta con 43 investigadores (CONACYT, 1997) de los cuales 5 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) (CONACYT, 1999). Este dato es un reflejo de que las actividades de los investigadores que trabajan en esta institución no se orientan a la producción académica; como se observa de otras informaciones contenidas en la página del CONACYT, sus actividades están fuertemente orientadas a los servicios y al desarrollo de proyectos tecnológicos con las empresas.

tencia. Actualmente las actividades formales de vinculación están localizadas en el Departamento de Planeación y Gestión Tecnológica de este Centro.¹⁸ La primera fase de su desarrollo estuvo centrada en la generación de conocimiento, de donde se pasó a una segunda etapa orientada al desarrollo tecnológico. La puerta de entrada para establecer vinculaciones ha sido a través de los servicios. Sin embargo, no fue sino hasta hace cuatro años que se elaboró una estrategia de vinculación, a través de distintas acciones: organización de exposiciones, vinculación con otros centros durante los congresos, sondeos de mercado y visitas periódicas a empresas. Aplica actualmente una estrategia de vinculación basada tanto en la oferta como en la demanda y en una comunicación estrecha con actores colectivos como los líderes de ramas industriales como cámaras, organizaciones y asociaciones donde se publicitan las capacidades del centro. Asimismo, mantiene un contacto directo con instancias gubernamentales. Tiene voz y presencia permanente en esas instancias e incluso ha logrado llegar a formar parte de los consejos técnicos de organismos tales como el Consejo Regulador del Tequila, el Consejo Regulador del Mezcal y el Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (GEPLACEA), entre otros. Es decir, este centro está aplicando una política bastante agresiva para establecer interacciones con distintos sectores y cuenta con personal especializado para ello.

Entre las líneas de investigación vigentes se cuenta con tres que tienen relevancia para el agave y el tequila: *a*) procesos fermentativos agroindustriales para la producción de alimentos, bebidas y sus aditivos y tratamiento de los efluentes correspondientes a estos procesos; *b*) mejoramiento genético y conservación de cepas microbianas para la industria de alimentos y bebidas; y *c*) mejoramiento genético y micropropagación de especies vegetales (CONACYT, 1998, 552).

Respecto a las acciones relevantes de transferencia de tecnología y servicios relacionados con la industria tequilera, se han realizado los siguientes:

18. El análisis de la estrategia de vinculación del CIATEJ, está basado en información proporcionada por el Dr. Waldo Urzúa (1999) del Departamento de Planeación y Gestión Tecnológica de este centro, en entrevista realizada el 28 de enero de 1999.

a) Durante 1988 se llevó a cabo la superación en la producción de tequila para la empresa Tequilera González, S.A. de C.V.; se logró aumentar su producción en 10 %. En este caso, adicionalmente se transfirieron cepas seleccionadas para obtener una mejor calidad del tequila (CONACYT, 1998, 555).

b) En 1988 y 1989 se aplicó un proceso para el tratamiento de las vinazas tequileras para la empresa Río de la Plata. El proceso, que consistió en dos etapas biológicas (aerobia y anaerobia), permitió abatir la carga orgánica de las vinazas hasta un 94 % para el tratamiento de 51.000 litros diarios de vinazas tequileras.

c) Uno de los proyectos de mayor impacto a difundir de este centro es el «estudio de la generación de compuestos organolépticos durante las etapas de cocimiento y fermentación del proceso de producción del tequila (Conacyt, 1997). Este proyecto tiene como objetivo incrementar el rendimiento del proceso y favorecer el control de calidad del producto.

d) Respecto a sus actividades de investigación para afrontar las enfermedades del agave, el CIATEJ lo que persigue es crear variedades más resistentes. Sin embargo, como una forma rápida de curación se han utilizado agroquímicos. Tres investigaciones de mejoramiento genético del agave de este centro, obtuvieron el premio Mayahuel del CRT. En el CIATEJ se busca la micropropagación de plantas de agave sin enfermedades, el acortamiento de sus ciclos de producción y su tolerancia al frío, calor, sequía y salinidad (Naranjo, 1997). Este proyecto forma parte del Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena productiva Agave-Tequila que financia el CRT y que se analizará más adelante porque está dando pie a la formación de una red de conocimiento.

e) Por otro lado este centro trabaja en un paquete sanitario para el agave y se trabaja en dos frentes. Uno de respuesta inmediata para combatir las patologías, mediante el empleo de agroquímicos específicos. El otro es el trabajo de mejoramiento genético para producir variedades de agave resistentes a las plagas.

La dinámica de la red

Este es un caso en el que la iniciativa de conformar una red de conocimiento sustentada en investigación, surge de parte de

los usuarios, representados por los productores de agave y de tequila agrupados en el CRT. La persistencia de diversas enfermedades en la planta del agave y el riesgo que esto implica para la producción nacional de tequila llevó al CRT a establecer interacciones con distintas instancias. Esta red tiene su centro en Jalisco, tanto por la ubicación en este estado de la mayor producción de agave y tequila, por la localización de las oficinas centrales del CRT, de cuya iniciativa y demanda surge el programa, así como de la existencia del CIATEJ, importante centro de investigación con experiencia en este campo.

El CRT toma la iniciativa en 1996 (Vicente, 1999) —aunque el CIATEJ afirma que ya esta institución había identificado el problema (Salinas, 1999a)—, y se acerca directamente a distintos centros de investigación tocando sus puertas para plantearles las necesidades de la cadena productiva del agave, invitándolos a ponerse en contacto directo con los agricultores para conocer de cerca los problemas. Esta primera etapa en la conformación de la red representa un proceso de aprendizaje y de conocimiento entre los actores y de establecimiento de vínculos de confianza entre ellos. El CRT perseguía con ello que los investigadores conociesen los problemas reales del agave, lo que a su vez permitió al CRT conocer las capacidades de investigación con las que contaba el país y por tanto percatarse de las instituciones más importantes en este campo.

La principal enfermedad del agave es la «pudrición» o «sida del agave», que está presente aproximadamente en el 20 % de la población de la planta. Las investigaciones del CIATEJ han encontrado que la pudrición es producida por una bacteria del género *Erwinia*, acompañada en ocasiones del hongo *Fusarium oxysporum*, el cual deseca el tallo de la planta. La enfermedad no sería tan grave si existiera una mayor variedad genética en los cultivos del agave.

Dada la complejidad de las enfermedades del agave el CRT asume que la solución al problema no la podría dar un solo centro o institución, ya que se trata de soluciones que implican la interdisciplina, la investigación interinstitucional y el corto, mediano y largo plazo. Durante su acercamiento a los centros de investigación y la organización de reuniones con usuarios e investigadores, en las que se expuso la problemática del agave y se plantearon las demandas que requieren ser resueltas a través

de la investigación, se pudo percatar que se contaba con capacidades nacionales importantes para resolver el problema a través de la aplicación de la investigación.

La experiencia previa que el CIATEJ tenía en sus interrelaciones con el CRT y con algunas empresas tequileras en particular, le sirvió de base para constituirse en el centro coordinador del programa, por lo que se refiere a la parte científica. Es importante destacar que la Cámara Nacional de la Industria Tequilera no interviene en esta red de conocimiento, aunque algunos de sus miembros forman parte del CRT.

La idea del programa se inicia en 1995,¹⁹ con el propósito de definir una estrategia de investigación, con el aval de la industria representada por el CRT, invitándose también a la SAGAR; sin embargo, en este primer intento no prospera la idea. A partir de entonces se inicia un proceso de aprendizaje entre el CRT con el CIATEJ y otros centros de investigación y un convencimiento mutuo de cómo abordar el problema. Se toma la idea de los Sistemas de Investigación Regionales de Conacyt, en lo que se refiere a la estrategia de conjuntar a diversos actores para la solución de un problema. Se organizan diversas reuniones con centros de investigación para abordar con una perspectiva de corto y largo plazos los diferentes problemas del agave. Inicialmente las partes involucradas en el programa eran el CRT y el CIATEJ y después de una primera ronda de intercambios con centros de investigación se decidió convocar al CONACYT para darle un aval científico al programa. El CONACYT por su parte, condiciona su participación en el programa al compromiso del Gobierno de Jalisco y de la industria en su financiamiento. El apoyo de la SEP fue determinante para que el Gobierno de Jalisco participase en el programa. Finalmente

19. La información que se presenta y analiza en este apartado se obtuvo de las visitas *in situ* y de entrevistas realizadas en el CINVESTAV-I del 29 de junio al 2 de julio de 1998, en el CIMAT y el CIO, en las ciudades de Guanajuato y León respectivamente, del 19-21 de enero de 1999 y en Guadalajara, Jalisco el 28 de enero de 1999, cuando se asistió como observador a la Primera Reunión de Evaluación del Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila. Las personas entrevistadas fueron: Dr. Juan Pablo Martínez Soriano, CINVESTAV-Irapuato; Dr. Ricardo Flores, Centro de Investigación en Óptica (CIO); Dr. Miguel Nakamura, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT); Ing. Maximiliano Salinas, Desarrollo de Negocios y Planeación del CIATEJ; Ing. Ismael Vicente, Secretario Técnico del Programa, Consejo Regulador del Tequila. Cuando se citan opiniones textuales de cada entrevistado se proporciona la referencia precisa.

se formalizó la creación del programa el 27 de noviembre de 1997 quedando bajo la responsabilidad del Gobierno del Estado de Jalisco, el CONACYT y CRT. El primero participa a través de la Secretaría de Desarrollo Rural, dada la importancia de la agroindustria del agave para el estado. El Programa cuenta con un Grupo de Trabajo Principal, que autoriza proyectos, suministra recursos, firma convenios y evalúa el programa. Tiene un coordinador técnico y un Coordinador Operativo. Cuenta además con un Grupo Asesor Técnico/Científico, conformado por investigadores y técnicos de las industrias que trabajan en el área agrícola, principalmente de Sauza, Cuervo, Herradura y Cazadores, quienes seleccionan, evalúan y dan seguimiento a los proyectos y jerarquizan las líneas de investigación y las bases para la convocatoria y elaboran el presupuesto de operación del programa; y un Grupo de Trabajo Operativo que apoya a los otros dos. El Programa tiene un financiamiento de 3 millones de pesos, aportado por los tres principales participantes, para un periodo de 3 años, después de los cuales tendrán que proponerse medidas de control efectivas. Para el primer año del Programa fueron canalizados 1.275.967 pesos.

La participación del CONACYT, definió la modalidad a través de la cual se canalizaría el financiamiento para la investigación. El Programa fue concebido como una convocatoria en la que se llamó, mediante concurso, a las instituciones de investigación a presentar proyectos. La evaluación de las propuestas se realizó por un comité formado por pares y representantes de los productores y la industria tequilera. Sin embargo, este proceso de selección fue un poco *sui generis*, ya que varios de los miembros del comité de evaluación, que se habían involucrado en la gestación del programa desde el inicio y habían establecido una relación con el CRT, presentaron a su vez propuestas para ser evaluadas. A pesar de que el CRT ya había identificado a las instituciones y a los investigadores idóneos para trabajar en el programa, este tuvo que adecuarse a las normas que privan en la selección de proyectos del CONACYT, habiendo podido integrarse más rápido el grupo mediante la libre selección basada en la interacción previa que ya se había establecido entre el CRT, el CIATEJ y un conjunto de centros de investigación públicos.

En febrero de 1998 se expide y publica una convocatoria, en la que algunos centros de investigación resultaron ser juez y

parte, dada la trayectoria que siguió el mismo. En el Comité Técnico Asesor participan las siguientes instituciones: CIO, UdG, UNAM, CICY, CIMAT, CINVESTAV-I, CIATEJ, y el PIC-TIPAPA, A.C. En la comisión seleccionadora de los proyectos (Grupo Asesor Técnico/Científico) participaron conjuntamente investigadores y representantes de los usuarios, mecanismo que parece haber presentado algunos problemas, según comentarios recogidos durante nuestro trabajo de campo, ya que los criterios de evaluación de estos dos actores no son fácilmente conciliables. En la evaluación de las propuestas para determinar los proyectos que financiaría la primera convocatoria se combinaron criterios científicos, criterios de viabilidad de alcanzar resultados y criterios de impacto, mediante un cálculo económico. Se trata de un ejercicio inédito en el país en cuanto a financiamiento de un programa de investigación y que deja experiencias que podrían ser recogidas por otros programas similares que se emprendan.

En mayo de 1998 inician los 4 primeros proyectos aprobados: Universidad de Guadalajara, CIATEJ, CIO y Colegio de Posgraduados y unos meses después inician 5 proyectos más a cargo del CIMAT, CINVESTAV-I, UNAM, U. de Guadalajara y otro del Colegio de Posgraduados (diagrama 3).²⁰

A grosso modo los 9 proyectos financiados cubren los siguientes aspectos: *a)* fitosanidad del agave; *b)* control de microorganismos patógenos; *c)* epidemiología y manejo integrado de problemas fitosanitarios; *d)* técnicas ópticas para monitoreo de enfermedades; *e)* determinación de principales plagas del agave; *f)* desarrollo de técnicas moleculares para detección de patógenos; *g)* efectos de la temperatura ambiental en la acumulación de azúcares; *h)* asesoría en estadística matemática para detección de poblaciones enfermas; *i)* localización de germoplasma y resistencia de microorganismos a patógenos. Entre estos proyectos se incluyen enfoques muy interesantes, provenientes

20. Es interesante hacer notar que el CICY, que cuenta con una gran experiencia en agave tequilana ya que ha desarrollado proyectos para Tequila Cuervo, y que participa en el Comité Técnico Asesor del programa, no participó con la propuesta de un proyecto. Es decir, que el programa, por razones que desconocemos, no está aprovechando toda la experiencia previa y las capacidades acumuladas en este campo de estudio, sobre todo en una situación tan crítica como la que afecta al cultivo del agave en México.

de campos científicos que en principio no tendrían una relación directa con el agave. Uno de estos es la detección de enfermedades en plantas por medio de técnicas ópticas, tarea en la cual participa el CIO de León, quien a través de dos técnicas analiza la topografía de las hojas de agave para encontrar modificaciones como resultado de impacto de patógenos en las plantas. Esto permitirá caracterizar agaves sanos y enfermos, por métodos ópticos para tomar medidas para evitar el contagio. El otro enfoque es el monitoreo de las plantas de agave mediante técnicas estadísticas para determinar la población de agaves y posteriormente el número de agaves enfermos, tarea que es realizada por el CIMAT de Guanajuato. Mediante la combinación de diseño muestral, de inventario y de información geográfica se determina el estado de este recurso y su cuantificación. Cabe hacer notar que la inclusión de la biotecnología en este proyecto es complementaria a los otros campos, y sus efectos sólo se darán en el largo plazo, mediante la modificación genética del agave para hacerlo más resistente a las enfermedades.

En enero de 1999 se realiza la primera reunión de evaluación del Programa, que entre otros objetivos perseguía dar seguimiento a lo siguiente: si los proyectos se estaban desarrollando de acuerdo a las necesidades de los usuarios, el impacto esperado de los resultados en la solución de los problemas, la interacción con los usuarios y si el trabajo de investigación se estaba apoyando en un enfoque sistémico por medio del cual se propicie la interacción horizontal de los investigadores, lo que originalmente era la idea del Programa (Salinas, 1999b). En esta reunión se pudo percibir un conjunto de problemas en la construcción deliberada de esta red de conocimiento, algunos inherentes a los investigadores, otros a los usuarios y otros a la forma como fue concebida el programa.

Con respecto a los primeros llama la atención el contenido de las temáticas de los proyectos que en su mayoría están encaminados a detectar plantas enfermas y el tipo de patógenos que las afectan, ya que esto no se había logrado demostrar en forma científica. Al menos cuatro de los proyectos tenían como objetivo la detección de tipo de enfermedades y la determinación de los microorganismos que las originan. Estos proyectos pretenden en el corto plazo lograr la contención de la enfermedad habiendo identificado las características de los patógenos y ha-

cer un mejor uso de métodos químicos para combatirlos. Los resultados indican que hay varias posiciones respecto al tipo de patógenos que originan la enfermedad y a la forma en que esta es transmitida. Un proyecto sustenta que la enfermedad es producida por un hongo y una bacteria, en tanto que otro proyecto sostiene que la enfermedad es producida por esos microorganismos, pero con la intervención de un insecto que es el que se encarga de transmitir o predisponer a las plantas a las enfermedades (CRT, 1999b). Otro proyecto sostiene que el mal manejo de los hijuelos del agave y su infestación por insectos es lo que ocasiona la expansión de las enfermedades. En realidad todos estos hallazgos son complementarios; sin embargo, de la presentación de los resultados se deduce que no hubo una discusión previa entre los investigadores que trabajan en este objetivo para confrontar los hallazgos. Cada investigador trabaja en su institución, con su grupo y aprovecha las redes que ya tenía establecidas con otros centros de investigación nacionales e internacionales para apoyar el proyecto. Sin embargo, hasta enero de 1999 se comunicaban poco con otros investigadores del programa. Lo anterior indica que en este ámbito y a seis meses de iniciado el proyecto no se había logrado constituir una red de conocimiento entre estos investigadores participantes.

Si bien la interacción social entre los investigadores participantes en el programa ha sido escasa, cabe reconocer que sí hubo algunos esfuerzos en ese sentido, particularmente entre los investigadores del CIATEJ, el CIMAT, el CIO, el Colegio de Posgraduados y la UNAM. Es decir, entre la mitad de las instituciones de investigación participantes en el Programa; aunque las interacciones fueron fundamentalmente de carácter bilateral. Esto es un reflejo de la poca tradición que existe en México de trabajo interdisciplinario e interinstitucional, de una cultura académica basada en la competencia entre pares y en el celo científico, factores que ya habían sido percibidos por el CRT antes de iniciarse el programa y que pretenden ser superados, mediante las evaluaciones periódicas y la promoción de las interacciones.

Desde la perspectiva de los usuarios es importante resaltar el contacto permanente que tuvieron los investigadores con los productores de agave. Muchos de los académicos participantes hicieron observaciones y experimentaciones en el campo, por lo que mantuvieron un intercambio permanente con los productores.

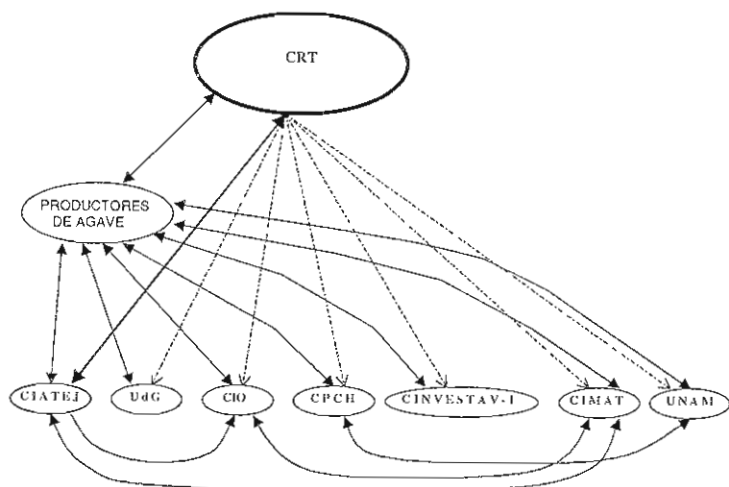
res, quienes les transfirieron su conocimiento sobre el manejo y problemas de esta planta. En este sentido la primera etapa del proyecto parece haber sido exitosa en la relación entre investigador y usuario y en la formación de una red de conocimiento entre estos dos actores, lo que condujo a una buena definición de los problemas a resolver. Sin embargo, esta no había sido tan exitosa en la conformación de una red entre los investigadores y las instituciones de investigación involucradas en el Programa.

Durante la primera reunión de evaluación se observó que la comunicación entre investigadores y usuarios se da con dificultades, dado que los primeros utilizan un lenguaje muy técnico para exponer sus avances, y que es más idóneo para un público académico. Por tal razón los productores mostraron dificultades para comprender cabalmente los avances científico-técnicos de los proyectos. Cabe destacar la necesidad de que este programa cuente con traductores o intermediarios que faciliten la comunicación entre investigadores y usuarios.

Por su parte los agricultores de agave que participaron en la reunión de evaluación, lo que demandaban eran soluciones para sus problemas y que los investigadores les transmitieran recetas para ser aplicadas de inmediato. Sus intervenciones después de las exposiciones de los investigadores fueron en ese sentido. Esto muestra que por parte de los usuarios directos existen limitaciones para comprender los tiempos de la investigación, lo cual fue patente en esta primera reunión de evaluación del Programa.

De la experiencia hasta ahora documentada puede afirmarse que este programa muestra algunos indicios para la construcción de una red de conocimiento (diagrama 3). Ha habido importantes flujos de conocimiento de los productores a los investigadores, tanto de carácter tácito como codificado. El primero se ha expresado por medio del conocimiento empírico que los agricultores han transmitido a los investigadores sobre el cultivo y comportamiento del agave. El segundo tipo se ha expresado en muestras de plantas y materiales tomadas en campo para ser analizadas en el laboratorio. Sin embargo, en el sentido inverso, es decir de los investigadores a los productores ha habido escasos flujos de conocimiento, que se han expresado en recomendaciones sobre el manejo del cultivo y mejores técnicas para combatir patógenos, mientras se cuenta con resultados.

DIAGRAMA 3
*Redes basadas en la iniciativa del sector empresarial.
 El programa agave-tequila*



La determinación de formar esta red se enfrenta a diversas condiciones que hacen más lento el proceso: por un lado el desconocimiento entre los investigadores que participan, entre quienes no existían contactos previos ni experiencias de trabajo conjuntas; y, por otro lado, el hecho de que las instituciones que participan en el programa se encuentran localizadas en distintos estados del país, por lo que la lejanía física no facilita la interacción. Así tenemos que de los proyectos participantes, 3 están localizados en Guadalajara (CIATEJ y UdG), 2 en el Estado de México (Colegio de Posgraduados), 1 en el D.F. (UNAM) y 3 de Guanajuato (CINVESTAV-I, CIO y CIMAT). Por lo tanto se trata de una iniciativa de red que va más allá de lo local y regional y adquiere un carácter más extenso, tendiendo a integrar capacidades a nivel nacional para atender los problemas de un ámbito del sector agrícola representado por la producción de agave y de una rama productiva referida a la producción de tequila que se ubica dentro de la producción de bebidas alcohólicas. Es decir,

esta red estaría caracterizada por orientarse hacia un sector y rama específicos de la producción a nivel nacional.

La formación deliberada de este red por los actores convocantes del Programa está en un proceso de construcción.²¹ El liderazgo del programa lo tiene el CRT en forma compartida con el CIATEJ, quienes mantiene una participación muy activa y un seguimiento permanente de los avances de la investigación. Entre los resultados más importantes de este Programa hay que señalar los siguientes: el apoyo a la conformación de una masa crítica de investigadores sobre la cadena productiva del agave-tequila; la integración tanto de conocimiento tradicional sobre la planta, como del conocimiento de frontera basado en la biología molecular; la interdisciplina y la interinstitucionalidad; la recombinación de capacidades existentes en los centros de investigación de distintas regiones del país; la orientación de la investigación hacia la solución de un problema; y la conformación de equipos de investigación de manera horizontal. Es decir, este programa está adoptando características del Modo 2 de producción de conocimientos.

Al mismo tiempo este programa se está construyendo sobre diversos espacios regionales de conocimiento ya existentes, particularmente las capacidades de investigación y las redes emergentes que el CIATEJ ya tenía con la industria tequilera, así como las capacidades y redes existentes en un conjunto más amplio de centros de investigación localizados en distintas regiones del país. El Programa está contribuyendo a la consolidación de esos espacios de conocimiento y estaría dando lugar a un sistema de innovación en una rama industrial determinada representada por la industria tequilera, que se extiende a varios estados del país, con lo que adquiere un carácter nacional.

21. Hemos tratado de dar seguimiento a los avances en la construcción de esta red y al conocimiento de los resultados alcanzados. Hemos podido informarnos que se han realizado otras reuniones de evaluación del programa; sin embargo, el acceso a la información no ha sido sencillo, ya que los coordinadores del mismo no han mostrado gran disposición para difundir esta experiencia.

4. Redes multidisciplinarias para la acuacultura del camarón

Características generales de la región

El estado de Baja California Sur, junto con los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California Norte se caracterizan por ser una zona de asentamientos humanos nuevos, baja densidad de población, cercanía con los Estados Unidos y lejanía con respecto al D.F., una disponibilidad muy amplia de recursos marinos y paradójicamente escasez de agua. Asimismo, la región cuenta con amplia infraestructura educativa, una adecuada infraestructura de comunicaciones y una actividad industrial basada en maquiladoras (Duarte, 1996, 85).

Se trata de una región que posee fortalezas para la conformación de un sistema regional de innovación basado en la disponibilidad de tecnólogos y científicos y en una estructura adecuada localizada en un conjunto de instituciones académicas formadas tanto por Centros SEP-CONACYT, universidades locales, sedes de la UNAM y centros del IPN. Sin embargo, también se trata de una región que posee debilidades en cuanto a la innovación, dadas por su poca cohesión, escasa cultura tecnológica y escasas empresas innovadoras (Duarte, 1996, 86). Las áreas de oportunidad para la innovación estaría resumidas en: tecnologías de información, biotecnología, acuacultura y pesquerías.

El CIBNOR: Capacidades para la acuacultura

En esta región se localiza el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), que es un Centro SEP-CONACYT clasificado como centro científico, fundado en 1975, por lo que se constituye en uno de los más antiguos de este sistema. Hasta 1994 se denominaba Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur y en ese año adquiere un estatus de investigación con carácter regional para el noroeste del país. Tiene la figura jurídica de sociedad civil y su misión es generar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos que contribuyan al conocimiento y resolución de los problemas de la región, formar recursos humanos calificados, apoyar el desarrollo y consolidación del sector productivo para aumentar su capacidad

competitiva por la vía de transferencia de tecnologías generadas y fomento a la creación de empresas de base tecnológica, y servir como órgano de consulta del sector público regional, estatal y/o nacional (CONACYT, 1997). Cuenta con tres unidades foráneas ubicadas en Guaymas y Hermosillo, Sonora, y en Guerrero Negro en el estado de Baja California Sur, con lo cual responde a su carácter regional y su influencia es muy importante tanto en el estado de Sonora como en el de Sinaloa.

Numéricamente es un centro relativamente grande ya que tiene un total de 193 académicos, de los cuales 85 son investigadores, 73 de los cuales poseen un posgrado y 43 pertenecen al SNI. En cuanto a sus actividades de formación de recursos humanos el Grupo de Biología de Peces del CIBNOR, junto con la UAM integró un Diplomado Internacional en Diseño y Manejo de instalaciones para Acuacultura. Además, cuenta con un Programa de Doctorado en el Uso, Manejo y Preservación de Recursos Naturales, con orientación en acuacultura, biología marina, ecología, manejo de recursos naturales, biotecnología y patología marina, creado en 1994 y un Programa de Maestría que inició en 1998. El CIBNOR ha establecido redes con otros ocho Centros SEP-CONACYT para la creación de un Doctorado en Ciencias Ambientales, cuya primera convocatoria se abrió en el primer semestre de 1998, encontrándose la sede del posgrado en el Instituto de Ecología en Xalapa, Veracruz.

La planta científica y tecnológica se encuentra estructurada en especialidades que conforman cuatro divisiones: biología experimental, biología terrestre, biología marina e ingeniería. Sin embargo, sus líneas de investigación se agrupan en tres grandes programas: *a)* el Programa de Cultivos Marinos; *b)* el Programa de Agroecología y Biotecnología Vegetal; y *c)* el Programa de Investigación en Impacto Ambiental. Desde 1998 este centro ha modificado su estrategia de investigación, promoviendo la participación de sus investigadores en programas específicos para resolver los problemas de una determinada especie. Con esta idea los recursos económicos para investigación del centro se distribuyen mediante la formulación de una convocatoria interna para presentar proyectos para un determinado programa en el que los investigadores participan de manera interdisciplinaria, sumando sus esfuerzos para abordar de manera integral la problemática de la especie seleccionada como prioritaria para

el centro. La división de ingeniería se incorpora a cada uno de estos programas (Martínez, 1998).

Este centro mantiene importantes colaboraciones con instituciones de investigación situadas en el Noroeste del país. Por lo que se refiere al campo de la biotecnología, la principal es con el Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo (CIAD) en Hermosillo y en Mazatlán, para la realización conjunta de investigaciones biotecnológicas para el aprovechamiento de recursos marinos y terrestres. Se planteó como proyecto en 1996 una colaboración con el CIAD en Hermosillo, Sonora y el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE), para formar un grupo de expertos en la vanguardia de la Biotecnología Marina, así como para establecer un posgrado interinstitucional en Biotecnología Marina (CONACYT, 1997), proyectos que de acuerdo a nuestra visita *in situ* no parecen haber progresado, sin haberse podido indagar las razones. Se ha planteado más recientemente un proyecto para compartir infraestructura con estos centros como una política del Sistema de Centros SEP-CONACYT para racionalizar y optimizar el uso de equipo (Martínez, 1998).

El CIBNOR ha extendido sus redes de intercambio a otras regiones del país, principalmente en el Sureste, ya que junto con el CIAD y con El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), se proyecta la incorporación de investigadores especializados de estos centros en el ECOSUR para desarrollar conjuntamente el programa «Sistemas de Producción y Sostenibilidad del Uso de Recursos Naturales», principalmente para sistemas de producción pesquera y acuícola (CONACYT, 1997).

Se trata pues de redes en el ámbito de investigación que promueven las investigaciones conjuntas, los posgrados compartidos y la movilidad de investigadores entre las instituciones mencionadas, todo lo cual contribuye a los flujos de conocimiento en el campo de los cultivos marinos, los recursos naturales y el impacto ambiental y como objetivo final de todas estas redes el desarrollo de la región noroeste del país. El CIBNOR, junto con otras instituciones de investigación, es un actor que promueve el desarrollo regional a partir de sus actividades de investigación y de formación de recursos humanos. Mantiene un importante intercambio con entidades gubernamentales, así como con empresarios de diferente tipo, la ma-

por parte de los cuales acuden al centro demandando asesoría científica o técnica.

Las actividades de vinculación con distintos sectores sociales, están claramente definidas e institucionalizadas y el centro posee una amplia experiencia en este terreno, a pesar de que sigue estando clasificado como centro científico al interior del Sistema de Centros SEP-CONACYT. Desde 1995 cuenta con una Dirección de Gestión Tecnológica, que se encarga de definir las estrategias de desarrollo tecnológico, identificar las tecnologías que están disponibles para la industria, los mecanismos a utilizar, así como esclarecer aspectos tales como la propiedad intelectual (Gutiérrez, 1998). En los últimos años se ha venido trabajando en la idea de una incubadora, que en 1998 estaba empezando a instalarse, y para lo cual se había ya constituido el Fideicomiso «Impulsora de Empresas de Base Tecnológica en el Noroeste». Dicha estructura tiene como propósito ofrecer paquetes de información para la producción, para el aprovechamiento de los recursos naturales en un planteamiento de desarrollo sustentable. El CIBNOR cuenta con desarrollos tecnológicos, pero aún se requiere fomentar su introducción a la producción para constituirse en innovaciones. La incubadora se concibe como un apoyo de infraestructura para fomentar la transferencia de tecnología, pasando de la etapa de laboratorio a la etapa industrial, mediante la creación de empresas o el apoyo a empresas ya establecidas, lo cual ayudaría a validar la información para la producción. Por validación este centro entiende el llevar las innovaciones a nivel productivo, lo cual es un proceso bastante costoso.

La idea de esta incubadora es interesante ya que estará basada en flujos de conocimiento hacia la producción para mejorarla. No prestará servicios administrativos, como lo hacen otras incubadoras en el país, pero sí la asesoría y financiamiento para el plan de negocios. Las empresas interesadas en validar tecnologías del CIBNOR no necesitan aparato administrativo, pero sí laboratorios para escalar los procesos, lo cual da la idea de un parque tecnológico, localizado cerca del centro de investigación. El propósito del CIBNOR no es atender las demandas de las empresas, sino que las empresas se interesen en sus procesos tecnológicos y compartan la infraestructura de la incubadora para ayudar a validarlos. Es decir que la vinculación está

CUADRO 1
Proyectos de vinculación del CIBNOR

<i>Cultivo</i>	<i>Tipo de actor*</i>				<i>Terminados</i>	<i>En proceso</i>
	<i>E</i>	<i>C/A</i>	<i>G</i>	<i>CI</i>		
Almeja	6	1	1	1	1	8
Camarón	8	-	2	-	3	7
Ostricultura	4	-	-	-	-	4
Otros cultivos marinos**	11	2	-	-	-	13
Cultivos terrestres***	2	-	-	-	-	2
Convenios generales para acuacultura	11	3	1	1	-	16
TOTAL	42	6	4	2	4	50

* Empresas (E); Cooperativas y Asociaciones (C/A); Gobierno (G); Cámaras Industriales (CI).

** Cultivo de hacha, langostilla, macroalgas, microalgas, abulón, levaduras marinas, ostión, moluscos, jaiba suave.

*** Nopal y damiana.

Fuente: Datos elaborados a partir de información proporcionada por el Departamento de Vinculación del CIBNOR en 1998.

planteada desde el lado de la oferta de conocimientos y procesos desarrollados por este centro. Estas acciones aún están iniciando y es muy temprano para evaluar sus resultados.

El CIBNOR cuenta con una intensa experiencia en acciones de vinculación desde 1996 a través del Departamento de Vinculación que depende de esta Dirección. En el cuadro 1 se sintetizan las acciones con el sector productivo entre 1996-1998, la mayor parte de las cuales se encuentran en proceso.

Cabe destacar que los cultivos marinos en particular para la acuacultura son los que predominan en estos convenios por encima de otros cultivos terrestres que también se trabajan en este centro. Las empresas con las que se interacciona son mayoritariamente micro y pequeñas. De los convenios firmados a partir de 1998, 13 fueron a iniciativa de las empresas o de centros de investigación nacionales, como el Cinvestav-Mérida. Es de mencionar que el CIBNOR desde 1996-1997 ha firmado convenios generales para la vinculación y transferencia de tecnología con centros de investigación nacionales, tales como el CIAD, el CICY y el CICESE, además de un convenio con el Instituto Mexicano para la Propiedad Intelectual (IMPI), dado el interés de

este centro por adentrarse en los problemas que plantea la propiedad intelectual del conocimiento.

*La dinámica de la red*²²

Este es uno de los patrones más complejos en la construcción de redes de conocimiento, que se observa cuando interactúan investigadores, instituciones de investigación, actores productivos organizados, organismos gubernamentales y gobiernos locales y/o estatales, para resolver un problema o incentivar un sector económico de relevancia regional.

Para analizar la red de conocimiento que se ha venido construyendo para la acuicultura en el noroeste del país (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa), y en particular para la producción del camarón con empresas camaroneras y productores sociales de la región del noroeste, hemos tomado como base institucional al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), que ha jugado un papel importante en la investigación sobre especies marinas, así como en la construcción de interacciones con distintos actores de la región.

El trabajo con camarón en el CIBNOR se remonta a 1985 y el objetivo ha sido proporcionar las bases biológicas para el desarrollo tecnológico de este cultivo en la región semiárida del Noroeste. En ese año se puso en marcha el programa Institucional de Investigación y en conjunto con la SEP, el gobierno del Estado de Baja California Sur, CETMAR - La Paz, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de

22. La información que se presenta y analiza en este apartado se obtuvo de visitas *in situ* y entrevistas directas. La primera visita se realizó del 19-23 de marzo de 1997 durante la cual se obtuvo la primera información respecto a esta red. Posteriormente se realizó otra visita del 5-9 de octubre de 1998 durante la cual se realizaron las siguientes entrevistas. En el CIBNOR: Dr. Mario Martínez, Director General; Lic. Jorge Gutiérrez, Director de Gestión Tecnológica; Ing. Rodolfo Palacios, Subdirector de Gestión Tecnológica; Mtro. José Manuel Mazón, Departamento de Vinculación; Dr. Humberto Villarreal, Programa de Cultivos Marinos; Biólogo Francisco Magallón, Director de Apoyo Técnico; Dra. Ana M.ª Ibarra, Laboratorio de Genética Acuicola; Dr. Roberto Civera, Nutrición; Dr. Felipe Ascencio Valle, Biotecnología Marina; Dra. Norma Hernández, Biología Molecular; Dr. Carlos Lechuga, Programa de Sanidad. También se entrevistó al Lic. Jaime Malagamba, Director de la Empresa Acuicultores de la Paz (APASA) y representante de la Cámara de la Industria Pesquera de la Paz. El trabajo de campo se realizó del 5-9 de octubre de 1998 en la Cd. de La Paz, B.C.S. Cuando se citan opiniones textuales de cada entrevistado se proporciona la referencia precisa.

Sonora (CICTUS) y con una cooperativa ejidal «La Ley Federal de Aguas n.º 5», que agrupa a productores sociales de la zona, se inició un proyecto de cultivo experimental del camarón en Puerto Chale, pequeña localidad en Bahía de Magdalena (CONACYT, 1998, 91).

A nivel comercial, existen varias empresas que producen y comercializan el camarón post-larva. Entre otras es de mencionar a Acuacultores de la Paz, S.A. de C.V. (APSA), que cultiva camarón en estanquería supralitoral desde 1989, y Lanz Acuacultores, S.A. de C.V., empresa incubada por el CIBNOR, que cultiva camarón en estanquería de maderas y que estableció un convenio con ese centro en 1995. Todo lo anterior sugiere un importante potencial para la producción postlarvas, camarón de talla comercial y reproductores (Mazón, 1997).

El CIBNOR realiza investigación orientada a resolver, mejorar o implementar tecnologías que se relacionan con distintas fases del proceso productivo del camarón, que implica el trabajo de investigación en distintos campos disciplinarios (CONACYT, 1997). Es así que los trabajos en biotecnología relacionados con el camarón son sólo uno de los eslabones que contribuyen a un mejor conocimiento y solución de problemas relacionados con esta especie, significando ello un enfoque que camina hacia el Modo 2 de producción de conocimientos. Por lo anterior, el CIBNOR ha establecido relaciones para el flujo de conocimientos con un conjunto muy amplio de actores y sectores que están conformando una red de conocimientos sobre el camarón en esta región específica.

Dado que la industria del cultivo de camarones marinos es una de las más dinámicas en el noroeste, a través del Programa de Cultivos Marinos de la División de Biología Marina, se busca establecer relaciones entre la problemática de la industria y los grupos de investigación y desarrollo tecnológico (CONACYT, 1998, 96). Se ha optimizado el cultivo de varias especies: Camarón Café, Camarón Blanco y Camarón Azul. Sin embargo, cabe destacar que la especie que interesa a los acuacultores es la del Camarón Blanco que es la que se comercializa desde hace tiempo. La incursión en especies nativas de la zona como el camarón café, no son de interés para los productores de la región (Malagamba, 1998). Actualmente el programa tiene un firme compromiso para el desarrollo de la zona costera desértica y

participa con los gobiernos estatales, el gobierno federal y varias empresas relacionadas con la acuicultura marina de camarones, moluscos y peces marinos. Entre ellos destaca la industria camaronera con la que se trabaja para el desarrollo del cultivo de las especies nativas de camarones.

Para efectos analíticos la conformación de las redes para la acuicultura del camarón se presentan desde dos perspectivas: la primera tiene como propósito analizar las redes de conocimiento que han sido promovidas por el CIBNOR con otros centros y con los productores, lo que ha contribuido a la formación de redes locales, regionales e internacionales. Desde una segunda perspectiva analizamos el proceso de formación de una Red Regional actualmente coordinada por el Sistema de Investigación del Mar de Cortes (SIMAC), organismo perteneciente al CONACYT, y que fue creada a iniciativa de distintos actores, entre otros el CIBNOR. Ambas acciones están contribuyendo, desde diferentes direcciones a la creación de una red en el noroeste para la acuicultura del camarón.

Las redes promovidas por el CIBNOR

El CIBNOR ha establecido interacciones con empresas en las diferentes etapas de producción del camarón, desde la fase reproductora, la genética hasta la nutricional, algunas de las cuales implican la aplicación de conocimientos biotecnológicos. Sin embargo, los esfuerzos de investigación sobre esta especie no han estado coordinados entre sí, y no fue sino a principios de 1998 que el centro reestructura su organización académica cuyo objetivo es integrar los esfuerzos de investigación en relación a una determinada especie, en este caso el camarón, para tratar de resolver sus problemas en forma integral. Cabe mencionar que en la región del noroeste otros centros de investigación han invertido esfuerzos sobre esta especie, lo que está llevando a favorecer interacciones con dichos centros y a conformar un espacio regional de conocimiento en esta área.

Uno de los problemas de esta actividad es la escasa disponibilidad de postlarvas. El acceso oportuno de reproductores limita la producción de laboratorio. Por lo tanto el CIBNOR se propuso impulsar la instalación de laboratorios y diversificar su capacidad productiva. Asimismo, fomentar el desarrollo tecnológi-

co para optimizar el aprovechamiento de las áreas y vocación acuícola en el Estado en función de las posibilidades climáticas.

En 1994 el CIBNOR, junto con la Dirección General de Acuicultura de la entonces Secretaría de Pesca y la Cámara Nacional de la Industria Pesquera, organizaron la «1.^a Reunión entre el Sector Productivo y Centros de Investigación dedicados al Cultivo de Camarón» (CIBNOR, 1994). Se trató de un ejercicio muy interesante en el que los tres sectores se reunieron a discutir los problemas que se observaban en la producción del camarón en sus siguientes aspectos: reproductores, cultivo larvario y cultivos de apoyo, sanidad acuícola, manejo ecológico de los sistemas de precría y engorde, nutrición y optimización en el manejo de la granja. Se elaboraron conclusiones para cada uno de estos aspectos y se integraron comités para dar seguimiento a la implementación de las propuestas. Participaron las instituciones que realizan investigación sobre el camarón en las distintas regiones del país, así como representantes de las granjas productoras de camarón en Sonora, Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur. Este se convirtió en un antecedente importante para la formación de una red de conocimiento sobre el camarón en el noroeste (Villarreal, 1998).

El CIBNOR tiene más de una década investigando en camarón y en el noroeste existe un ambiente propicio para la acuicultura, incentivado por la SEMARNAP que cuenta con un «Programa Mexicano de Desarrollo de la Acuicultura». Sin embargo, se trata de una actividad que ha tenido un crecimiento desordenado, centrado en el camarón blanco, que es el de más alto valor comercial; los cuerpos de agua están siendo contaminados y agotados por el desorden imperante (Mazón, 1998). Recientemente la Cámara Nacional de la Industria Pesquera (CANAIPE) ha hecho declaraciones en el sentido de que la actividad camaronícola del litoral del Norte y Centro del estado de Sinaloa está siendo impactada por los transportadores de energías, la introducción sin control de embarcaciones que dañan el ecosistema y la lucha permanente entre pescadores ribereños y pescadores de altamar de este recurso. Esto ha ocasionado violencia para la captura del camarón, que además en 1998 experimentó una gran carencia (*La Jornada*, 1998). Esta situación de conflicto originada en diversos factores naturales, económicos y políticos, refuerza la idea de generar una acuicultura del

camarón bien organizada que satisfaga las necesidades de pequeños y medianos productores y genere un producto altamente competitivo para el mercado interno y el internacional.

La PROFEPA ha puesto en operación una normatividad para la regulación de los cuerpos de agua y un «Programa Nacional de Regulación de la Industria Camaronera» (PENDEC). Dada esta situación las empresas han volteado hacia el CIBNOR para adiestramiento para granjas, producción de semilla, y formación de recursos en acuicultura con dos orientaciones: una científica y la otra de técnicas para la producción. Esto llevó a que en 1998 se iniciara un programa de maestría en este centro, una de cuyas orientaciones es la acuicultura. Este programa cuenta con el apoyo de los productores quienes otorgan recursos para becas a los estudiantes que atiendan la solución de sus problemas durante sus estudios (Mazón, 1998).

El CIBNOR, como se ha mencionado, ha reestructurado su organización académica interna promoviendo la integración horizontal de capacidades de investigación alrededor de un determinado problema de interés para los productores de la región, en este caso el camarón (Martínez, 1998). Este centro que hace diez años no tenía vocación hacia la acuicultura (Villarreal, 1998), está orientando muchas de sus capacidades a esta actividad económica, y actualmente tiene 30 investigadores de un total de 85 trabajando sobre el camarón. El trabajo por especialidades es importante, pero la integración entre estas es fundamental. Además de la integración horizontal se promueve también una integración vertical a través de los estudiantes de posgrado para que estos inicien investigaciones sobre otras especies de interés comercial para la región, aprovechando la base de conocimiento por especialidades (Villarreal, 1998).

Aunado a lo anterior el centro forma parte del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología (CYTED) desde 1994, como parte del cual se ha establecido una «Red Iberoamericana de Investigación sobre la Acuicultura del Camarón», que integra las distintas especialidades que intervienen con este cultivo: nutrición, enzimología, endocrinología, genética, patología e inmunología. Incluye también trabajos en biología molecular (Magallón, 1998). Esta red ha realizado diversos estudios, entre otros uno sobre las relaciones con las empresas. Las acciones de esta red han ayudado y servido de estímulo para la integra-

ción de las investigaciones en el CIBNOR y su interacción con otros centros de investigación y con los productores (Magallón, 1998). Al respecto, Magallón nos comenta que de esos estudios se ha concluido que hay tres etapas en estas relaciones: una de corto plazo, basada en la transferencia de conocimientos (de 1-2 años), una de mediano plazo, que se sustenta en proyectos de investigación conjuntos (de 2-4 años) y una etapa de largo plazo que consiste en formar recursos humanos para el sector productivo, que tengan la capacidad de conducir procesos de investigación. Los recursos formados son el correo de transmisión y el mejor flujo de conocimientos y permitirán la profesionalización del sector productivo. Se trata de las relaciones más profundas y de más largo plazo, mediante las cuales se establecen redes de conocimiento y de confianza (Magallón, 1998).

Aprovechando al experiencia que le ha dado su interacción con los productores y su participación en redes internacionales, actualmente el CIBNOR desarrolla esfuerzos de investigación en distintas especialidades relacionadas con fases específicas o con problemas presentes en la acuicultura del camarón (Villareal, 1998) (cuadro 2), con lo que trata de construir una red de conocimiento sobre este cultivo al interior de la institución.

a) Su incursión más antigua es en el campo de creación de laboratorios de producción de semilla de camarón y de reproducción. Para tal efecto ha interactuado con varias empresas habiendo contribuido a la incubación de una de ellas (Lanz Acuacultores, S.A. de C.V.), misma que opera en forma independiente produciendo post larvas para su venta a los productores. El establecimiento de relaciones con las empresas no ha sido sencillo. En el caso de Acuacultores de la Paz, S.A. (APSA), se tuvo una gran resistencia a la interacción, motivada por enfoques distintos en la forma de abordar la producción del camarón (especies de interés, formas de cultivo, etc.). Considerando estas diferencias el CIBNOR y APSA decidieron de común acuerdo en 1993 iniciar una relación de carácter informal que les permitiera irse conociendo y estrechar sus lazos de confianza. Para tal efecto la empresa vendió al centro larvas, para que este realizara investigación en sus instalaciones; los investigadores tuvieron una gran movilidad a las instalaciones de la empresa para conocer el proceso que utilizaban para la producción de

CUADRO 2
Redes de conocimiento del CIBNOR por fases que se investigan

<i>Fases que se investigan</i>	<i>Entidad federativa en la que se crean las redes</i>	<i>Actor/sector</i>	<i>Flujos de conocimiento</i>
<i>Laboratorios de producción de semilla y reproducción</i>	1. B.C.S. →	1. APSA →	1. Relac. informales
	2. B.C.S. →	2. Lanz Acuacultores (Empresa incubada) →	Asesoría 2. Transfer. de tecnol. Inv. básica
<i>Asistencia técnica</i>	1. Sinaloa →	1. Banmcomext / FAMAC →	1. Capacitación
	2. B.C.S. →	2. Microlife, S.A. de C.V. →	2. Asesoría
	3. Sonora →	3. Granjas camaronerías →	3. Asistencia técnica
<i>Genética</i>	1. B.C.S. →	1. APSA →	1. Inv. básica
<i>Nutrición</i>	1. La Paz →	1. Grup. PIASA / F. Coop. de Pescadores BCS / Conserva S. Carlos →	1. Des. tecnológico
	2. Guad. Jal. →	2. Grupo Zeigler →	2. Escalamiento
	3. La Paz →	3. PIASA / Conserva S. Carlos / APSA →	3. Acceso a instalac., ingred. y organism.
<i>Patología</i>	1. B.C.S. →	1. APSA →	1. Inv. básica
	2. Noroeste →	2. SIMAC →	2. Diagnóst. molecular de enfermedades
<i>Impacto en el medio natural</i>	1. Sinaloa y Sonora →	1. CANAIPES/FAMAC / 5 coop. de Culiacan. / SIMAC / PROFEPA / CICIMAR / UASin. / CICTUS / CICESE / OIKS →	1. Caracterización cuerpos laguneros. Mejorar legislación
	2. Sinaloa y Sonora →	2. PROFEPA / SEMARNAP →	2. Investig. básica Control de explotac. Monitoreo

Fuente: Elaboración propia en base a la información recabada durante el trabajo de campo en el CIBNOR, 2-6 de octubre de 1998, La Paz, B.C.S.

larvas y posteriormente para su reproducción (Mazón, 1998; Villarreal, 1998).

Asimismo, el centro apoyó la captura de reproductores silvestres y posteriormente los reprodujo en sus laboratorios. Esto llevó a la firma de un convenio en 1997, mediante el cual el

CIBNOR transfirió la tecnología de cultivo de camarón en estanque de mareas a la empresa, para su validación y escalamiento. A partir de este proceso de aprendizaje la empresa decidió iniciar relaciones de más largo plazo mediante el financiamiento de un proyecto de investigación a tres años en genética del camarón (Mazón, 1998).

b) Un segundo aspecto que se investiga en el CIBNOR es el de genética. Las capacidades existentes en genética tradicional o mendeliana, hicieron posible el establecimiento de relaciones de largo plazo con la empresa APSA. Mediante este convenio se persigue domesticar a las especies, desarrollar pies de cría y seleccionar genéticamente a las mejores poblaciones (Ibarra, 1998). Es importante subrayar que este centro también realiza investigación de frontera en el campo de la biología molecular para la aplicación de marcadores genéticos para estimular sitios de síntesis para mantener calidad y larvas viables. A más largo plazo se plantea desarrollar manipulaciones genéticas para hacer resistentes las especies a determinadas condiciones (Hernández, 1998). En este campo aún no se han establecido relaciones con los usuarios.

c) Paralelamente a estos esfuerzos el CIBNOR ha realizado investigaciones relacionadas con la nutrición del camarón desde 1990. Particularmente se ha orientado a la utilización de un recurso abundante en la región, la langostilla, y ha logrado desarrollar, a nivel laboratorio y mediante técnicas biotecnológicas, un proceso para la producción de harina de langostilla que pueda usarse como insumo para los alimentos balanceados para alimentar el camarón. Ha transferido la tecnología a varias empresas para su validación y escalamiento, presentándose aún problemas técnicos y de coordinación entre los actores participantes (Civera, 1998).

Es interesante apuntar que una de las interacciones que se da en 1996 es con un conjunto de actores: la Federación de Cooperativas Pesqueras de BCS, la empresa PIASA y la Conservera San Carlos que cuenta con plantas de harina y quien ha facilitado sus instalaciones para el escalamiento del proceso. Después de escalado el proceso se han presentado nuevos problemas técnicos, por lo que se ha concertado el apoyo de PIA-

SA, la Conservera San Carlos y la empresa APSA, para continuar con el proceso, solicitando apoyo a través del Programa Regional de Acuacultura del Camarón convocado por el Sistema de Investigación del Mar de Cortés (Civera, 1998).

d) Un cuarto campo de investigación que cubre este centro es el de patología del camarón, en el que se aplican técnicas biotecnológicas. El Grupo de Patología Marina investiga sobre patógenos microbianos y vacunas. Se trabaja sobre un agente inmunoestimulante para el camarón, ya que esta especie no se puede vacunar pues no posee sistema inmune. Asimismo se analiza el uso de levaduras marinas como probiótico que ayuda a fortalecer la flora intestinal del camarón. Ha habido un acercamiento informal con APSA, quien ha apoyado proporcionando ejemplares de camarón para su estudio, el uso de sus instalaciones y entrenamiento. Este proyecto se encuentra en fase experimental. También se incursiona en el diagnóstico molecular de enfermedades, mediante marcadores genéticos y posteriormente en manipulación genética para resistencia a enfermedades (Ascencio Valle, 1998).

e) Finalmente se realizan investigaciones sobre el impacto de la acuacultura del camarón en el medio natural, a solicitud de distintas agencias gubernamentales. La experiencia previa ha hecho posible incursionar en este campo. Mediante las capacidades de investigación acumuladas en este centro se han podido atender las demandas de diversas asociaciones de productores y cooperativas de los estados de Sinaloa y Sonora para caracterizar los cuerpos laguneros. Como resultado del estudio, el CIBNOR propuso modificar las normas establecidas por la PROFEPA, mismas que fueron aceptadas por esa institución (Lechuga, 1998; Villarreal, 1998). La PROFEPA y la SEMARNAP a su vez han solicitado estudios para aplicar marcadores taxonómicos para el control de la explotación del camarón así como para el monitoreo de las poblaciones. Esta última interacción ha sido de carácter informal.

f) Además de lo anterior este centro ha desarrollado una importante labor en el establecimiento de redes para la asistencia técnica a productores, particularmente para la capacitación

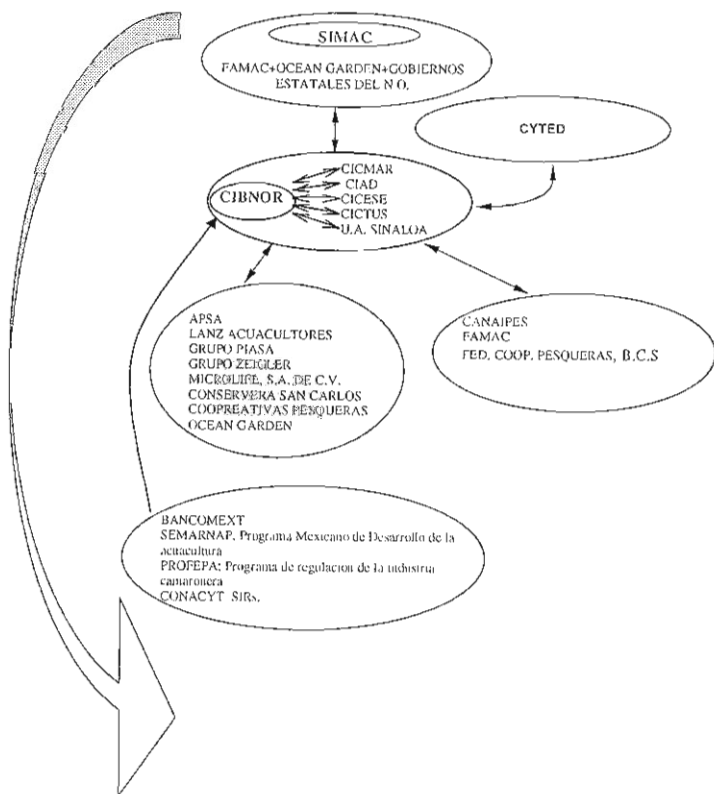
de administradores de granjas, a través de un importante apoyo de BANCOMEXT, así como mediante asistencia técnica para empresas que producen los nauplios (fase previa a las larvas) y a granjas que producen camarón. A pesar de las crecientes demandas para este tipo de servicios, mediante los cuales se transmiten conocimientos acumulados, el centro no puede dedicar sus esfuerzos a esta actividad, razón por la cual planteó la creación de una maestría con orientación a la acuicultura para formar los recursos necesarios para esta actividad (Mazón, 1998).

Estas distintas experiencias en diversos campos de investigación en los que ha trabajado el CIBNOR han dado lugar a la formación de redes con distintos actores (diagrama 4) y por ende a la formación de un espacio regional de conocimiento para la acuicultura del camarón, ya que la región posee capacidades de investigación en este campo y redes emergentes y a veces ya consolidadas con distintos actores. En la construcción de esta red, hemos documentado que el CIBNOR ha mantenido un flujo constante de conocimientos con distintos productores de la región, a través de la movilidad de personal, el intercambio de materiales, el uso de instalaciones y el conocimiento permanente de las necesidades y de las prácticas de los productores. El proceso de aprendizaje ha sido largo y la idea de constituir una red de conocimiento que se sustente tanto en la interdisciplina como en la interinstitucionalidad ha sido generada como efecto de ese proceso.

El impulso a la red de conocimiento a nivel regional

Las redes que ha construido el CIBNOR y otros centros de investigación de la región (como el CIAD, el Instituto Tecnológico de Sonora y el CICTUS), a lo largo de una década, y que ha dado lugar a la formación de un espacio regional de conocimiento, que abarca varios estados del Noroeste del país, están siendo actualmente reforzadas a través del «Programa de Fomento Científico y Tecnológico a la Acuicultura del Camarón», aprobado por el Consejo Asesor del Sistema de Investigación del Mar de Cortés (SIMAC) el 28 de abril de 1998. Diversos centros de investigación del Noroeste, entre otros el CIBNOR, los productores de camarón organizados en el Sector de Acuicultura del Camarón

DIAGRAMA 4
Redes del CIBNOR para la acuicultura del camarón



de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera (CANAINPES) y la empresa comercializadora Ocean Garden Products, promovieron desde 1997 la integración de esfuerzos de investigación regionales sobre el camarón y solicitaron al CONACYT su apoyo para crear un fondo especial para resolver de manera científica la problemática que afecta al sector. Aprovechando la oportunidad que brindaba el SIMAC para ello, estos actores ejercieron influencia para que en la convocatoria de proyectos 1998 se defi-

niera como un área prioritaria la acuicultura del camarón, constituyéndose un fondo especial entre los productores y los gobiernos de los estados de la región (Baja California, Sonora, Sinaloa y Nayarit) que para 1998 fue de 2 millones de pesos y para 1999 de 1 millón de pesos (Celaya, 2000). Sin embargo, en cada proyecto aprobado los usuarios deben participar al menos con el 15 % del monto total de proyecto.

El Programa se formó sobre la base de reuniones previas entre investigadores, productores y representantes de los gobiernos a través de las cuales se identificaron las necesidades de investigación de los acuacultores. Se realizaron varias reuniones de promoción del programa en Mazatlán y Culiacán, así como en localidades de Sonora para sensibilizar a los investigadores de los problemas de los productores, que incluyeron varias visitas a granjas camaronícolas.

Posteriormente se organizaron foros para formulación de proyectos sobre distintos aspectos de la problemática del camarón: mejoramiento genético, desarrollo sustentable y manejo ambiental, fisiología, nutrición y patología, que como hemos visto son las distintas áreas que deben cubrirse para un manejo integral en la producción de camarón. Estas reuniones se realizaron en distintas localidades de la región, como resultado de las cuales se presentaron 44 proyectos en la convocatoria de 1998. Para realizar el proceso de evaluación y jerarquización de los proyectos, el Consejo Asesor del SIMAC acordó la creación de un comité evaluador *ad hoc* formado por representantes de los productores y por especialistas en el área. Como resultado de este proceso a fines de octubre de 1998 se aprobaron 21 proyectos como parte del programa (SIMAC, 1999). Para 1999 se aprobaron 4 proyectos más.

Se encuentran en vigencia 25 proyectos por un total de 5.830.000 pesos, de los cuales el SIMAC invierte 3.070.000, los usuarios representados por acuacultores de la región un total de 1.960.000 y las instituciones académicas 600.000 (Celaya, 2000). Sin embargo, cabe recordar que el fondo que canaliza el SIMAC a este programa fue constituido por fondos públicos de los estados, fondos del CONACYT y fondos privados, por lo que los productores estarían aportando un porcentaje mayor al 15 % del costo de los 25 proyectos en curso.

Los productores han acordado crear un fondo para la I&D

en acuacultura, y han planteado destinar un centavo por cada libra de camarón vendida. Esta acción sería realizada a través de la empresa Ocean Garden, que es la principal comercializadora de camarón, para otorgarlo al SIMAC, para el fondo de apoyo a la investigación en este campo (Mazón, 1998). Esta acción es notoria y se explica ya que en la región del Noroeste el sector acuicultor de camarón genera el 95 % de la producción nacional de camarón (Celaya, 2000), lo cual revela la importancia estratégica que este cultivo tiene para la región. Sin embargo, las mayores superficies cultivadas pertenecen al sector privado, siendo minoritarias las hectáreas pertenecientes al sector social, que se verá menormente beneficiado de los avances que se logren mediante la investigación para enfrentar las enfermedades y mejorar las tecnologías apropiadas para la explotación de la acuacultura, siendo su mayor demanda contar con una infraestructura adecuada que le permita bajar los costos de operación (SIMAC, 1999).

Es difícil evaluar los resultados del programa, ya que los proyectos están en curso debiendo finalizar algunos en el 2001 y otros en el 2002. Sin embargo, de acuerdo a información proporcionada por Celaya (2000), algunos proyectos ya han generado resultados que han conducido a aplicaciones inmediatas, sobre todo en las áreas económicas y del medio ambiente cuyos resultados han producido gestiones ante la SEMARNAP y en los procesos de producción, que se han aplicado desde 1998. Sin embargo, otros proyectos en el área de genética tendrán resultados sólo en el largo plazo (10 años).

En el Programa participa un conjunto amplio de instituciones de investigación de la región como: el CIBNOR, UNISON, CICESE, CIAD, Universidad de Occidente, UABCS, U.A. de Sinaloa, UABC, todas estas ubicadas en la región del Noroeste, además de la UANL. Todas estas instituciones cuentan con capacidades de investigación y con experiencias previas en la construcción de redes con las empresas y productores de la región. Este Programa está generando un proceso de recombinación y de capacidades en forma interdisciplinaria, ya que estos son requisitos para la presentación de proyectos y para la solución del problema.

Este programa que se institucionaliza en el SIMAC, fue gestándose a lo largo de varios años durante los cuales los actores

interesados realizaron diversas acciones para establecer interacciones, a las que nos hemos referido con anterioridad.

De lo anterior se puede concluir que la región del noroeste cuenta con una compleja red de interacciones entre distintos actores interesados en impulsar esta actividad y por lo tanto con un espacio regional de conocimiento que se ha venido construyendo a lo largo de varios años. Por tal razón el Programa para la acuacultura del camarón puesto en marcha por el SIMAC, podría en el corto plazo dar lugar a un sistema regional de innovación para la acuacultura del camarón que podría extenderse a la acuacultura en general, ya que las capacidades previas y las redes construidas facilitarían sin duda en el corto plazo la difusión de tecnologías en este sector.

Respecto a los actores que han tomado la iniciativa en la conformación de esta red, podemos observar que han ido cambiando, dado el largo proceso de aprendizaje que ha implicado la construcción de esta red, en la que participan en forma interactiva los centros de investigación, los productores y los gobiernos estatales. Actualmente el liderazgo regional de este programa lo tiene el SIMAC, aunque apoyado en la representación de los diferentes actores que participaron en la formación del programa.

Este caso sirve para ilustrar que para resolver el conjunto de problemas en la acuacultura del camarón se requiere del concurso de diferentes disciplinas. La biotecnología en este caso es un campo aún potencial para la acuacultura del camarón que contribuiría al mejoramiento genético de esa especie, pero que progresará en la medida en que logre avanzarse en la solución de otros problemas, tales como la patología, la fisiología, la nutrición y el manejo ambiental de este cultivo. A través de este programa se promueve la movilidad de personal entre las instituciones de investigación y entre estas y las empresas y productores. Asimismo se está facilitando el compartir infraestructura entre las instituciones participantes.

La forma en que el SIMAC ha diseñado este programa regional, aprovechando para ello la experiencia previa de participación en el programa CYTED, responde a varias de las características que definen un nuevo modo de producir el conocimiento: el conocimiento se está desarrollando para la solución de problemas en un contexto de aplicación, se apoya en un en-

loque transdisciplinario, se está adoptando una heterogeneidad de formas organizacionales, en las que intercambian grupos de investigación de distintas instituciones, se fortalece la creación de grupos de investigación temporales y la creación de redes para la solución de un problema específico. Estos desarrollos se están realizando en el marco de la preocupación por los impactos ambientales de la actividad acuícola, compartida tanto por los investigadores, por los productores, como por los gobiernos que apoyan este programa.

Los actores organizados, han tenido un papel muy importante en la conformación de esta red. Las relaciones que se han logrado establecer con la Cámara Nacional de la Industria Pesquera, la Federación de Cooperativas Pesqueras y la Federación de Acuicultores de México, han permitido sensibilizar a los productores de la importancia de integrar el conocimiento a sus procesos y canalizar recursos económicos importantes para este programa. La participación de grandes empresas comercializadoras, como Ocean Garden, ha sido determinante para la consolidación de esta red. Asimismo, la participación de los gobiernos estatales, convencidos de la importancia de esta actividad para la región, ha dado un impulso a la conformación de la red. La existencia de actores mixtos en la región, tales como el SIMAC han contribuido a concertar a los principales actores que habían venido promoviendo la red (cámaras, federaciones y principal empresa comercializadora del camarón), y con ello a la definición de una política de apoyo a la acuicultura del camarón sustentada en la experiencia y procesos de aprendizaje que se habían venido dando ya entre los actores. Es decir, no se trató de un ejercicio que parte desde arriba para la formación de redes, como el del caso del agave al que se ha hecho referencia con anterioridad, sino que la formalización de esta red se apoyó en el proceso de aprendizaje previo y en relaciones formales e informales ya existentes entre los actores, así como en un objetivo compartido por todos ellos.

Conclusiones

Como se ha documentado a lo largo del trabajo, dentro de un mismo campo tecnológico hemos podido encontrar distintas

formas de construir redes y espacios de conocimiento a nivel regional, local y nacional. A partir del análisis realizado queremos destacar un conjunto de características que se relacionan con los planteamientos generales y los ejes de análisis de este trabajo: en primer lugar discutimos el papel de los centros de investigación en la construcción de redes y de espacios de conocimiento a nivel regional; posteriormente nos referimos a las características de los actores que participan en la construcción de las redes en este campo; de ahí discutimos las particularidades del campo tecnológico en la formación de redes; posteriormente elaboramos algunas observaciones sobre el tipo de conocimiento en el que se construyen estas interacciones; y, finalmente, discutimos las características de los espacios de conocimiento que se han conformado y el carácter local, regional, nacional o sectorial de las redes analizadas.

Del papel de los centros de investigación

Por lo que se refiere al papel que están jugando los centros de investigación públicos en la construcción de redes y espacios regionales de conocimiento, particularmente el CINVESTAV y el CIATEJ y CIBNOR, este capítulo ha demostrado ampliamente que a nivel regional estas instituciones tienen un papel muy importante como generadoras de espacios de conocimiento, dado que han acumulado capacidades importantes y han realizado un proceso de aprendizaje de largo plazo para construir redes con distintos actores. Sin embargo, en la aplicación de políticas regionales que impacten el desarrollo económico y social su papel es limitado. Esto se debe a que algunas instituciones, como el CINVESTAV-Irapuato no tiene como objetivo principal contribuir al desarrollo económico y social de las regiones, aunque sus investigaciones se relacionen con cultivos relevantes para el estado y para otras regiones. En tanto que otras instituciones como el CIBNOR y el CIATEJ, ambos centros pertenecientes al Sistema SEP-CONACYT, sí están jugando un papel más activo como promotores del desarrollo regional, orientando sus capacidades de investigación y sus interacciones con otros centros académicos a la solución de problemas que afectan la producción de camarón y la de agave y tequila. En este sentido sus agendas de investigación están orientadas por la solución de problemas es-

pecíficos y con ello estarían transitando hacia características del Modo 2 de producción de conocimiento.

No obstante lo anterior, aún entre estos dos centros pertenecientes al Sistema SEP-CONACYT se observan diferencias sustanciales: en tanto que el CIBNOR es un centro científico que ha evolucionado hacia el desarrollo tecnológico, manteniendo un alto nivel y calidad en sus investigaciones, el CIATEJ, originalmente constituido como centro tecnológico ha adquirido una función basada fundamentalmente en los servicios de carácter especializado.

De las características de los actores institucionales

Por cuanto a las características de los actores institucionales que participan en la formación de redes en el campo de la biotecnología, es importante resaltar lo siguiente.

La construcción de redes de conocimiento entre los distintos centros que realizan investigación sobre una temática de interés local o regional particular, es una de las fases más importantes en la creación de espacios de conocimiento tanto a nivel estatal como regional. Si bien existen ciertas regiones como la del noroeste, que posee una concentración importante de centros e instituciones que realizan investigación relacionada con los recursos marinos, las interacciones interinstitucionales a través de programas conjuntos son aún incipientes. En general los acuerdos de colaboración se dan en el plano general y también mediante relaciones individuales, pero falta fortalecer la realización de programas conjuntos que integren las capacidades en forma horizontal. El hecho de contar con instrumentos como los Sistemas de Investigación Regionales del CONACYT está estimulando la interacción entre grupos de instituciones para la presentación de proyectos, como en el caso del SIMAC o del SIGHO. Sin embargo, estos proyectos tienden a conformarse mediante la suma de propuestas individuales, no siempre lográndose la integración horizontal que facilite la interdisciplina entre ellos para la solución de un determinado problema.

En otras regiones como en el Bajío, y particularmente en el estado de Guanajuato, los logros en materia de redes entre instituciones de investigación son importantes. Tal es el caso de la investigación biotecnológica en papa donde se observa que un

centro (CINVESTAV-Irapuato) puede ayudar a la construcción de capacidades en otro (INIFAP) que no las poseía. Este mecanismo es sumamente útil para la formación de masas críticas de investigación en campos específicos, en este caso en biotecnología vegetal.

Otro elemento que se desprende de este trabajo se refiere al tamaño del usuario con el que se construyen las redes, del cual dependerá la magnitud de la movilización de recursos que se logre canalizar a la formación de redes y al proyecto en particular. En los estudios de caso incluidos destaca la participación de grandes empresas como FREXPORT (perteneciente al Grupo BIMBO), Sauza y Cuervo (que participan en el Consejo Regulador del Tequila y cuyos intereses han sido fundamentales en el impulso al programa Agave-Tequila) y Ocean Garden (comercializadora que movilizó importantes recursos para la formación del Programa Regional para la Acuacultura del Camarón). Estos ejemplos contrastan con otros que estuvieron dominados por la participación de pequeños productores, que en esencia no logran movilizar importantes recursos, pues tienen limitaciones de capital, además de que carecen de personal calificado, tienen poca influencia política, se encuentran aislados de otros productores similares y muestran poco interés por el conocimiento y por la importancia de la innovación para los procesos productivos.

Un actor que destaca en la construcción de redes es la participación de los productores y de los productores organizados. El hecho de que los estudios de caso se refieran a recursos naturales relacionados con actividades agrícolas y acuícolas y no propiamente con la industria, determina que los usuarios de los conocimientos transferidos estén representados por productores sociales cuya actividad es cultivar y comercializar esas especies. Aquí observamos un avance importante en la participación y toma de conciencia de los productores organizados en asociaciones, cámaras o federaciones o a través de otros programas de origen gubernamental. Los productores entrevistados (en el caso de la fresa y la camaronicultura) mostraron una buena información sobre las ventajas que la aplicación de conocimiento puede tener para su actividad, muy por encima de los métodos que solían utilizar basados en la experiencia de prueba y error. Los dirigentes de los productores cada vez están mejor

preparados y tienen una escolaridad más elevada. Por su parte los investigadores al entrar en contacto con los productores logran un conocimiento más directo del objeto de investigación, de la problemática que analizan y del contexto en el que esta se desarrolla. En esta interacción existe una transmisión importante de conocimiento tácito mediante la movilidad de los dos actores y codificado mediante los materiales que el usuario proporciona para la investigación.

Los organismos mixtos, formados entre gobiernos estatales y empresarios para constituir fideicomisos para el apoyo a la investigación orientada a la solución de problemas, han mostrado ser otro actor determinante en la construcción de las redes de conocimiento analizadas. Los casos más relevantes son los Sistemas de Investigación Regionales del CONACYT y las Fundaciones Produce, ambas distribuidas en todo el territorio del país. En particular la Fundación Produce del estado de Guanajuato está orientada a incentivar la agricultura, mediante la identificación de las necesidades tecnológicas de los productores quienes orientan los apoyos a los centros de investigación de acuerdo a las prioridades detectadas. Sin embargo, este tipo de actor requiere tomar una iniciativa mayor en la construcción de redes y de espacios regionales de conocimiento para apoyar procesos de innovación en sectores específicos.

Un aspecto que queremos destacar es la importancia de la participación de actores internacionales en la formación de redes de conocimiento, que permiten dar grandes saltos en campos que resultan de interés para el país. Se pudo apreciar que el hecho de insertarse a esas redes no necesariamente significa investigar sobre temas que no sean de relevancia para el país. Estas interacciones permiten avanzar más rápidamente en la investigación básica, cuando se cuenta con capacidades de frontera propias, lo que da la posibilidad de obtener resultados tangibles en plazos menores. Las experiencias de relaciones internacionales entre los centros de investigación, podrían aprovecharse para construir redes orientadas a resolver problemas específicos a nivel local.

Aunado a las anteriores características en la construcción de las redes destacan algunas particularidades que se refieren al campo de la biotecnología.

De los estudios de caso analizados se pudo observar que las relaciones entre los distintos agentes que participan en la construcción de estas redes de conocimiento están propiciando un proceso interactivo y no lineal en la construcción del conocimiento. El conocimiento adquirido por los centros de investigación puede ser adecuado para aplicarlo con la intervención de los usuarios, quienes a su vez transfieren y demandan nuevos conocimientos a los centros que lo generan. Esto es particularmente claro en los casos del camarón y del agave. Esto nos llevaría a afirmar, que efectivamente en el desarrollo biotecnológico en México, se cuenta con ejemplos que permiten observar un tránsito hacia una nueva forma de producir conocimientos en el que se adquiere algunas características del Modo 2.

La construcción de redes en el campo de la biotecnología, tienen un fuerte componente de conocimiento desarrollado por los centros productores de conocimiento y en la mayoría de los casos éste representa el empuje a partir del cual se genera un proceso interactivo, con lo cual se confirma la observación de Faulkner y Senker (1992). Sin embargo, existen procesos de formación de redes, que involucran el conocimiento biotecnológico, que se construyen a partir de la demanda como el caso del agave en los cuales el desarrollo de la ciencia obedecería al empuje de la demanda.

Es importante apuntar que la biotecnología no es la única área del conocimiento a través de la cual se resuelven los problemas del campo o de la producción marina. En este trabajo fue muy claro que la biotecnología tiene que interactuar con otros campos para solucionar problemas específicos. En este sentido, la adopción de un enfoque transdisciplinario e interinstitucional es definitivo en la construcción de redes de conocimiento en las que participa la biotecnología, lo cual plantea la necesidad de adoptar nuevas formas de organización en el trabajo de investigación.

Del tipo de conocimiento para construir las redes

Por lo que se refiere al tipo de conocimiento sobre el que se construyen estas interacciones destacan las siguientes observaciones.

En la construcción de las redes se demanda tanto conocimiento convencional como de frontera. El conocimiento tácito que se transfiere por la vía de la movilidad de personal entre los centros de investigación y los usuarios en las dos direcciones está ocupando un lugar importante en la construcción de las redes, aspecto que resalta en el caso de la papa transgénica y en el del camarón. Los conocimientos transferidos en forma codificada son más característicos en las redes que se construyen en el lado de la academia, aunque existen ciertos conocimientos que se intercambian entre la academia y los usuarios, como los materiales representados por especies de animales, que implican conocimiento codificado.

Los casos analizados nos llevan a confirmar que en efecto las redes de conocimiento no se sustentan exclusivamente en la transferencia tecnológica, sino en una gama más amplia de conocimientos con los cuales se van resolviendo problemas de las empresas y de los productores y se va contribuyendo lentamente al desarrollo tecnológico.

De los espacios de conocimiento y del carácter regional de las redes

Los diferentes estudios de caso han dado cuenta de la variedad de las características que definen el concepto central de esta investigación referido a los espacios de conocimiento. Estos se construyen, en general, dada la proximidad geográfica de los centros de investigación y de los empresarios, productores y/o gobiernos estatales o locales. Sin embargo, también se han identificado otros espacios y redes que se construyen en regiones geográficas más amplias que adquieren un carácter nacional o sectorial. Se ha podido observar que estos espacios se definen por distintas características en cuanto a su extensión geográfica y poseen grados de madurez y consolidación diferenciados. En todos estos casos los espacios regionales de conocimiento implican la existencia de capacidades y conocimientos

acumulados en los centros de investigación, la recombinación de capacidades y la emergencia de redes entre distintos actores sociales alrededor de un proyecto específico de desarrollo tecnológico.

Los estudios de caso analizados muestran la existencia de diversos espacios de conocimiento relacionados con la biotecnología ubicados en distintas regiones y que tienen distintos alcances, entre los que se distinguen el plano local, regional, nacional/sectorial, así como el internacional.

En el primer caso tenemos un espacio de conocimiento para la micropropagación de la fresa conformado en una región constituida por algunas localidades del estado de Guanajuato ubicadas en la zona de Irapuato y algunas localidades del estado de Michoacán como la zona de Zamora. Este espacio incluye tanto capacidades desarrolladas en varios centros de investigación de la región, como redes construidas entre estos y los productores de fresa, empresas, así como con distintas organizaciones gubernamentales e instituciones mixtas.

En el segundo caso tenemos un espacio de conocimiento para la acuicultura del camarón que tiene una clara definición regional que abarca varios estados de la zona geográfica del noroeste del país (Baja California Sur, Sonora, Sinaloa), que se construye sobre la base de la multidisciplina y que también posee una característica sectorial referida a la rama económica de la acuicultura en general.

En el tercer caso, se puede ubicar el programa del agave-tequila, cuya intención es construir un espacio de conocimiento a partir de las capacidades existentes en los principales centros de investigación, localizados en distintas entidades federativas, que puedan resolver los problemas específicos de este cultivo. Este espacio se caracteriza por tener un carácter sectorial, definido por la producción de una bebida en una rama industrial en particular.

Finalmente, el espacio del conocimiento para el mejoramiento genético de la papa, se construye mediante redes de alcance básicamente internacional, que como se ha explicado se sustenta en la transferencia de tecnología del exterior para su asimilación y aplicación a cultivos específicos del país. Sin embargo, también se ha constituido mediante redes establecidas entre centros de investigación ubicados a nivel local.

Por lo que se refiere al grado de madurez y consolidación de los espacios de conocimiento, los datos también revelan una gran diferenciación. Algunos, como es el caso de la papa, han privilegiado las interacciones nacionales del lado de la academia contribuyendo a la formación de masas críticas de investigación biotecnológica; otros, como el programa agave-tequila, se han originado por el interés de los empresarios del tequila, es decir desde el lado de la demanda, e intenta construir interacciones entre los centros de investigación y entre estos y los productores; en tanto que otros espacios han evolucionado a través de complejas relaciones que se han tejido entre un amplio grupo de actores institucionales a lo largo de procesos de aprendizaje que han llevado o están llevando a la formalización de las redes y a un mejor aprovechamiento de los espacios regionales de conocimiento existentes: tal es el caso de la fresa y del camarón.

Estos dos últimos ejemplos nos muestran dos trayectorias distintas para la construcción de los espacios de conocimiento. La del camarón surge de abajo para arriba, mediante la formación de redes que se promueven a instancia de los centros de investigación (CIBNOR y otros centros de la región), que evolucionan mediante la interacción con distintos grupos de productores y empresas y son llevadas finalmente a un grado de consolidación, cuando encuentran el apoyo de instituciones mixtas en las que participa el sector público y el privado (el SIMAC), constituyéndose en un efectivo mecanismo de coordinación. Este espacio de conocimiento bien conformado, con un alto grado de madurez y en proceso de consolidación, lo cual es el resultado de capacidades y redes construidas a lo largo de muchos años, está dando lugar a la creación de interacciones recursivas (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995) y a la creación potencial de un sistema de innovación regional para la acuicultura.

La otra trayectoria es la que ha seguido la conformación de un espacio de conocimiento para el agave-tequila y que surge desde arriba mediante la iniciativa de un actor (CRT), que trata de coordinar capacidades de investigación para solucionar un problema específico. Es decir, que en contraposición al espacio de conocimiento del camarón que va surgiendo de manera informal y espontánea y que se formaliza después de un largo proceso de aprendizaje, este otro se trata de conformar de manera artificial. No obstante lo anterior, este espacio de conoci-

miento trata de construirse sobre la existencia de capacidades en distintas entidades federativas, pero en donde la experiencia de construcción de redes entre los actores que lo conforman es muy limitada. Por tanto, el grado de maduración de este espacio es incipiente y suponemos que tendrá que pasar por un proceso de construcción de redes de conocimiento entre todos los centros de investigación que participan en este programa y con los usuarios, por un proceso que genere la confianza técnica con los agricultores y las empresas productoras de tequila y que por tanto el flujo de conocimientos y la transferencia de desarrollos tecnológicos se estima que serán posibles en el largo plazo y que tal vez se extienda más allá de los tiempos estimados por el programa.

Lo anterior nos muestra las amplias posibilidades que existen para la conformación de espacios de conocimiento con relevancia socio-económica, los cuales dan cuenta de una mejor distribución social de los conocimientos y potencian la solución de problemas presentes en la agricultura y acuacultura mexicanas. El problema de coordinación entre instituciones es crucial para el fortalecimiento y creación de espacios y redes de conocimiento, tarea en la cual los actores institucionales mixtos son fundamentales para que estas experiencias impacten el desarrollo económico y social basado en conocimiento.

Referencias

- AGUIRRE GALLARDO, José (1998): «Entrevista personal a José Aguirre Gallardo, presidente del Sistema Producto Fresa del Estado de Guanajuato», 1 de julio, Irapuato, Guanajuato.
- ALVARADO, Mariana (1998): «Prevén más tequila para 1998», *Sección de Negocios del Reforma* (26 de noviembre), México.
- AMC (1998): *Carta Informativa de la Academia Mexicana de Ciencias*, año III, n.º 14 (sept.-oct.), México.
- ARROYO, Gonzalo (coord.) (1989): *La Biotecnología y el problema alimentario en México*, UAM / Plaza Valdés, México.
- ASCENCIO VALLE, Felipe (1998): «Entrevista personal realizada en el Departamento de Biotecnología Marina», CIBNOR, 8 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- BIGGIERO, Lucio (1998): «Italian Industrial Districts: An evolutionary and institutionalist view», ponencia presentada en la Conferencia

- «The Future Location Of Research in a Triple helix of University-Industry-Government Relations», Nueva York, enero de 1998.
- BLANCO, Alejandro (1997): «Entrevista personal realizada al Dr. Alejandro Blanco por vía telefónica», CINVESTAV-Irapuato, noviembre, México.
- CASAS, Rosalba (1993): *La investigación biotecnológica en México. Tendencias en el sector agroalimentario*, ISUNAM, México.
- y Michelle CHAUVET (1997): «Biotecnología, agricultura y ambiente: una recapitulación», *Comercio Exterior*, vol. 46, n.º 10 (octubre), México.
- , Michelle CHAUVET y Dinah RODRÍGUEZ (coords.) (1992): *La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*, UNAM/UAM, México.
- , R. DE GORTARI y M.J. SANTOS (2000): «The building of knowledge spaces in Mexico. A regional approach to networking», *Research Policy*, n.º 29, pp. 225-241.
- y M. LUNA (1997): «Government, Academia and the Private Sector: Towards a new configuration», *Science and Public Policy*, vol. 24, n.º 1 (febrero), Inglaterra, pp. 7-14.
- (coords.) (1997): *Gobierno, academia y empresas en México. Hacia una nueva configuración de relaciones*, IIS-UNAM / Plaza y Valdés, México.
- CALLON, Michel (1994): «Is Science a Public good?», *Science, Technology and Human Values*, vol. 19, n.º 4, 395-424.
- CELAYA, Martín (2000): «Entrevista realizada por correo electrónico al Dr. Martín Celaya, Director de la Delegación Península de Baja California del CONACYT», 23 de febrero, México, D.F.
- CIMOLI, Mario y Giovanni DOSI (1994): *Technological Paradigms, Patterns of Learning and Development. An introductory roadmap* (working paper 94-83), International Institute for Applied Systems Analysis, septiembre, Austria.
- CHAUVET, Michelle, J.L. SOLLEIRO y R.L. GONZÁLEZ (1999): «Methodologies for socioeconomic impact analysis of agricultural biotechnology: Lessons from México», en John Komen, Cesar Falconi y Hilda Hernández (eds.), *Turning Priorities into Feasible Programs. Proceedings of a Policy Seminar on Agricultural Biotechnology for Latin America*, IBS/ISNAR/CamBioTec, Amsterdam, pp. 87-96.
- CIBNOR (1994): «I Reunión entre Sector productivo y Centros de Investigación dedicados al Cultivo de Camarón», Dirección General de Acuicultura de la Secretaría de Pesca, CIBNOR, Cámara Nacional de la Industria Pesquera, La Paz, B.C.S., 7-8 de octubre.
- CINVESTAV (1996): *Anuario 1995*, Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN, México.
- (1998): «Proyectos Vigentes al 31 de Diciembre de 1997», CINVESTAV-Irapuato, Guanajuato.

- CIVERA, Roberto (1998): «Entrevista personal en el Departamento de Nutrición del CIBNOR», 8 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- COMMANDEUR, Peter (1996): «Private-public cooperation in transgenic virus-resistant potatoes», *Biotechnology and Development Monitor*, n.º 28 (septiembre), Holanda, 14-19.
- CONACYT (1997): «Hoja electrónica de Centros SEP-CONACYT», CONACYT, 22 de enero, [www/http. info.main.conacyt.mx](http://www.info.main.conacyt.mx)
- (1998): *Historia de las Instituciones del Sistema SEP-CONACYT*, Secretaría de Educación Pública / Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- (1999): *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas, 1997*, Secretaría de Educación Pública / Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- CONCYTEG (1998): *Programa de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (PCITEG) 1998-2020*, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, Gobierno del Estado, Guanajuato.
- CONPAPA (1999): *Suplemento de la Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana*, febrero, México.
- CORONA, Leonel (1997): *Cien empresas innovadoras en México*, Porrúa/UNAM, México.
- CRT (1999a): «Antecedentes y objetivos del Consejo Regulador del Tequila», página electrónica del Consejo Regulador de Tequila, www.crt.org.mx
- (1999b): «Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila», CONACYT / Gobierno del Estado de Jalisco / CRT, enero.
- DUARTE MUÑOZ, Carlos (1996): «Tecnología e innovación: visiones regionales», *Memorias del VIII Simposio Anual «Cultura, Tecnología e Innovación en las Empresas Mexicanas» de la ADIAT*, Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el desarrollo Tecnológico, A.C., 7-8 noviembre, World Trade Center, Ciudad de México.
- EDQUIST, Charles (1997): «Systems of Inovation Approaches. Their Emergence and Characteristics», en Ch. Edquist (ed.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter, Londres, 1997.
- ELÍAS CALLES, E. (1998): «Entrevista personal al Presidente de la Fundación Guanajuato Produce», 26 de noviembre, Celaya, Guanajuato.
- ESTRADA, Salvador (1999): «Entrevista personal a Salvador Estrada, del Consejo de Ciencia y Tecnología de Guanajuato», 20 de enero, Guanajuato.
- ETZKOWITZ, Henry y Loet LEYDESDORFF (1995): «The Triple Helix: University-Industry-Government Relations. A laboratory of knowledge based economic development», *EASST Review*, 14 (1), 11-19.
- ETZKOWITZ, Henry y B. UZZI (1996): «Knowledge based economic and

- social development: the Triple Helix of regional cooperation among universities, industry and government», Universidad Estatal de Nueva York (mimeo).
- FAULKNER, Wendy (1986): *Linkage between industrial and academic research: the case of biotechnological research in the pharmaceutical industry* (tesis de Doctorado), Science Policy Research Unit, Universidad de Sussex, Inglaterra.
- y Jacqueline SENKER (1993): «Policy and management issues in company links with academic and government laboratories: a cross-technology study», *Working Paper Series n.º 48*, Programme on Information and Communication Technologies, University of Edinburgh.
- FRANSMAN, Martin y Shoko TANAKA (1995): «Government, globalisation and universities in Japanese biotechnology», *Research Policy*, vol. 24, pp. 13-49.
- GIBBONS, M., C. LIMOGES, H. NOWOTNY, S. SCHWARTZMAN, P. SCOTT y M. TROW (1994): *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*, Sage Publications, Londres, Thousand Oaks, Nueva Delhi.
- GUTIÉRREZ, Jorge (1998): «Entrevista realizada al Director de Gestión Tecnológica del CIBNOR», 9 octubre, La Paz, Baja California Sur.
- HERNÁNDEZ, Norma (1998): «Entrevista personal, Grupo de Patología Marina», CIBNOR, 8 de octubre de 1998, La Paz, B.C.S.
- HERRERA ESTRELLA, Luis (1998): «Entrevista personal en el Departamento de Ingeniería Genética», CINVESTAV-IRAPUATO, 29 de junio, Irapuato, Guanajuato.
- IBARRA, Ana María (1998): «Entrevista personal en el Laboratorio de Genética Acuícola», CIBNOR, 7 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- JOFFRE, Alba (1998): «Entrevista personal», CINVESTAV-Irapuato, 1 de julio, Irapuato, Guanajuato.
- La Jornada (1998): «Polvorín en Sinaloa por la disputa del camarón», *La Jornada* (21 de septiembre), primera página, México.
- LECHUGA, Carlos (1998): «Entrevista personal en el Programa de Sanidad», CIBNOR, 8 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- MAGALLÓN, Francisco (1998): «Entrevista personal al Coordinador de Apoyo Técnico», CIBNOR, 7 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- MALAGAMBA, Jaime (1998): «Entrevista personal al Director General de la Empresa Acuicultores de la Paz, S.A.», 9 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- MARTÍNEZ GARCÍA, Mario (1998): «Entrevista personal al Director del CIBNOR», 6 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- MARTÍNEZ DE LA VEGA, Octavio (1998): «Entrevista personal al Coordinador Académico del CINVESTAV-Irapuato», CINVESTAV-Irapuato, 30 de junio, Irapuato, Guanajuato.
- MASSIEU, Yolanda (1997): *Biotechnología y empleo en la floricultura mexi-*

- cana, Serie Sociología, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, México.
- MAZÓN, José Manuel (1997): «Entrevista personal al encargado del Departamento de Vinculación del CIBNOR», 19-23 marzo, La Paz, Baja California Sur.
- (1998): «Entrevista personal al encargado del Departamento de Vinculación del CIBNOR», 5 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- NARANJO, Eduardo (1997): «Para acabar con la pudrición del agave. El CIATEJ pretende crear plantas resistentes a la enfermedad», *Público* (14 de octubre).
- NELSON, Richard (1993): «A Retrospective», en Richard Nelson, *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*, Oxford University Press, Nueva York / Oxford.
- RIVERA, Rafael (1998): «Entrevista personal al Jefe del Departamento de Biotecnología Vegetal», CINVESTAV-Irapuato, 2 de julio, Irapuato, Gto.
- y V.M. VILLALOBOS (1999): «Production of Transgenic Potato in Mexico: Analysis of a successful experience», en John Komen, Cesar Falconi y Hilda Hernández (eds.), *Turning Priorities into Feasible Programs. Proceedings of a Policy Seminar on Agricultural Biotechnology for Latin America*, IBS/ISNAR/CamBioTec, Amsterdam, pp. 136-141.
- RUIZ DURÁN, Clemente (1995): *Economía de la pequeña empresa. Hacia una economía de redes como alternativa empresarial para el desarrollo*, Ariel Divulgación, México.
- SALINAS, Maximiliano (1999a): «Entrevista personal al encargado del Departamento de Desarrollo de Negocios y Planeación del CIATEJ», 27 de enero, Guadalajara, Jalisco.
- (1999b): «Presentación del Ing. Maximiliano Salinas, en la Reunión de Evaluación del Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila», 28 de enero, Guadalajara, Jal.
- SALLES-FILHO, Sergio, M. Beatriz BONACELLI, Graziela ARES y Simone YAMAMURA (2000): «Innovative Networks, Markets and Development Policies in Modern Biotechnology», en H. Etzkowitz, R. Casas, L. Leydesdorff y José Mello, *Networks of Innovation in Latin America*, MIT Press (en preparación).
- SCHUETZE, Hans G. (1996): «Innovation systems, regional development and the role of universities in industrial innovation», *Industry and Higher Education* (abril), pp. 71-78.
- SEKKER, Jacqueline y Wendy FAULKNER (1992): «Industrial use of public sector research in advanced technologies: a comparison of biotechnology and ceramics», *R&D Management*, vol. 22, n.º 2, pp. 157-175.
- SHOHET, S. y M. PREVEZER (1996): «UK Biotechnology, institutional linkages, technology transfer and the role of intermediaries», *R&D Management*, vol. 26, n.º 3, pp. 283-298.

- SIMAC (1999): *Gaceta Regional del Sistema de Investigación del Mar de Cortés* (enero-febrero y marzo-abril), p. 10.
- SOTO MORA, Consuelo y Luis FUENTES AGUILAR (1992): «Problemática en la producción y comercialización de hortalizas en México. El caso de la fresa y el melón», *Revista del Instituto de Geografía* (México), n.º 24, UNAM, pp. 79-94.
- URZÚA, Waldo (1999): «Entrevista personal en el Departamento de Planeación y Gestión Tecnológica», CIATEJ, 29 de enero, Guadalajara, Jalisco.
- VALDÉS DE LA TORRE, Belem, Hilda HERNÁNDEZ ROJO, Rosario CASTAÑÓN y José Luis SOLLEIRO (1996): *Biotechnología en México. Directorio Empresarial*, CamBioTec, México.
- VALENCIA, Guadalupe (1998): *Guanajuato. Sociedad, economía, política y cultura*, Biblioteca de las Entidades Federativas, CIICH-UNAM, México.
- VÁZQUEZ, José Agustín (1999): «El mexicanísimo tequila», *Suplemento Investigación y Desarrollo de La Jornada*, n.º 75 (agosto), México.
- VERA-CRUZ, Alexandre, Juan Carlos VILLA SOTO y Abraham VILLEGAS DE GANTE (1994): «El Subsistema Nacional de Innovación en Biotecnología. El papel de los Centros de Investigación en México», *Comercio Exterior*, vol. 44, n.º 8 (agosto), pp. 705-715.
- VICENTE, Ismael (1999): «Entrevista personal al Jefe de Área de Campo del Consejo Regulador del Tequila, A.C.», 28 de enero, Guadalajara, Jalisco.
- VILLAGÓMEZ CABRERA, Jorge (1996): «Análisis del potencial regional del Bajío Mexicano en su desarrollo tecnológico e industrial», *Memorias del VIII Simposio Anual «Cultura, Tecnología e Innovación en las Empresas Mexicanas» de la ADIAT*, Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el desarrollo Tecnológico, A.C., 7-8 noviembre, World Trade Center, Ciudad de México.
- VILLALOBOS, Víctor M. (1997): «La Unidad Irapuato, quince años de liderazgo en la biotecnología e ingeniería genética de plantas y microorganismos», *Avance y Perspectiva* (órgano de difusión del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.), vol. 16 (enero-febrero), pp. 3-6.
- VILLARREAL, Humberto (1998): «Entrevista personal al Coordinador del Programa de Cultivos Marinos del CIBNOR», 6 de octubre, La Paz, Baja California Sur.
- WALKER, Virginia, Martin GRIFFIN y Peter TOTTERDILL (1996): «Partnerships in the European Biotechnology Industry. The role of regional economic development policy», *Industry and Higher Education* (agosto), pp. 244-251.