

LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO EN RED ENTRE LA ACADEMIA Y LA EMPRESA. EL CASO DE LA UNIDAD SALTILLO DEL CINVESTAV

Norma Georgina Gutiérrez Serrano

Introducción

Este trabajo tiene como propósito analizar la estructura y dinámica de las interacciones que se establecen para producir conocimiento en colaboración entre una entidad pública de investigación perteneciente al Centro de investigaciones y Estudios Avanzados (Cinvestav), y cuatro grandes empresas del sector minero metalúrgico y metal mecánico en México.¹

En México las interacciones entre la academia y la empresa han tenido una importante generalización a partir de la prestación de servicios académicos y de programas de formación y capacitación que imparten instituciones académicas (Ibarrola, 1998), en este trabajo se pone especial atención en las formas de organización que se generan y los flujos de conocimiento que se desarrollan dentro de las interacciones academia empresa para la producción conjunta de conocimiento.

La colaboración, como un rasgo característico de las nuevas formas de producción de conocimiento (Gibbons *et al.*, 1998), posibilita rebasar la separación entre productores y usuarios del conocimiento a través de la generación de nuevas formas de organización y de coordinación para el trabajo conjunto.

1. El presente documento se desprende de los avances de una investigación más amplia, que tiene por propósito analizar la influencia de las interacciones academia empresa en la organización de una institución académica, en el trabajo académico de los investigadores y en la producción del conocimiento.

La identificación y caracterización de estas formas de organización y coordinación se desprende de dos líneas de análisis: a) los acuerdos previos de colaboración entre investigadores académicos y gerentes empresariales que dotan de una estructura específica para iniciar el trabajo conjunto; y b) la configuración de redes de conocimiento dentro de las cuales se articula la dinámica de las interacciones entre la academia y la empresa.

A partir del estudio de cinco casos de proyectos de investigación desarrollados entre académicos de la Unidad Saltillo (US) del Cinvestav y cuatro empresas minero metalúrgicas de la región, se identifican formas comunes de organización en redes de conocimiento que comparten importantes rasgos de estructura y dinámica. Redes que articulan la interacción entre distintos miembros de la academia y la empresa y cuyo contenido se define por el intercambio, transferencia y producción de conocimientos sin que se encuentren principalmente orientadas a la innovación tecnológica (Casas, Luna y Santos, 2001). Redes de conocimiento que logran articular los intereses divergentes de las distintas organizaciones y actores participantes (Messner, 1999) a partir de una combinación de mecanismos formales e informales de interacción entre sus miembros. Redes que operan en un nivel básico, fundamental o micro de la producción de conocimiento y que por ello son denominadas en este trabajo como Microrredes de conocimiento. Se trata de un tipo de red cuya considerable permanencia y estabilidad, les han permitido apoyar el desarrollo de tres o más proyectos de investigación consecutivos. El presente documento atiende centralmente a la caracterización de la estructura, dinámica y formas de coordinación de estas redes y de los flujos de conocimiento que ocurren en su interior, sin embargo, en el análisis de los cinco casos de investigación también se mostró la participación y/o cruces de otro tipo de redes de conocimiento, más amplias, con distintas configuraciones y formas de coordinación. La presentación de los proyectos de investigación permite la identificación de: una red de conocimiento académica, una red de conocimiento metalúrgica regional y una red de conocimiento de un consorcio internacional.

El documento se encuentra organizado en cinco apartados, en el primero de ellos se describen características institucionales de la US que apoyan la colaboración con la empresa en las tareas de investigación. El segundo apartado enfatiza los rasgos de la colaboración en la producción de conocimiento y realiza una

presentación inicial de los proyectos de investigación y de las características de los actores centrales en el desarrollo de estos proyectos. El tercer apartado identifica los acuerdos previos que dan lugar a la conformación de un escenario de interacción como instancia de coordinación inicial para el trabajo conjunto. En el cuarto apartado se distinguen distintas redes de conocimiento que participan del desarrollo de los proyectos de investigación y en el último apartado se revisa la dinámica y flujos que tienen lugar en las microrredes de conocimiento directamente responsables del desarrollo de los proyectos de investigación.

1. La Unidad Saltillo del Cinvestav, una organización académica para la interacción con la empresa

La Unidad Saltillo del Cinvestav (US) es una de las cinco unidades foráneas con que cuenta el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados. Esta Unidad fue fundada en 1986 como parte del programa de desconcentración al que dio inicio el Cinvestav a principios de los años ochenta, en el marco de una política federal interesada por promover la descentralización educativa.

Un criterio central dentro de este programa de desconcentración fue establecer, en el interior del país, unidades de trabajo académico orientadas a la investigación aplicada cuya especialidad disciplinar permitiera atender necesidades y demandas regionales, y vincularse con sectores sociales y productivos de su entorno (Ibarrola, 2002). Bajo este criterio, la US orientada al desarrollo de la ingeniería metalúrgica, se estableció en el Estado Coahuila, dentro de la zona norte de la República Mexicana que se caracteriza por un importante desarrollo industrial con grandes empresas del sector metalúrgico.

Desde sus inicios la US logra satisfactoriamente la vinculación con grandes empresas minero metalúrgicas de la región a partir de la prestación de servicios, la docencia y la investigación, y en la actualidad constituye un actor importante de redes especializadas en ingeniería metalúrgica y actor del espacio regional de conocimiento de la zona noroeste de la República Mexicana (Casas y Luna, 2001). Esta situación se ha logrado dentro de un proceso paulatino en el que la Unidad inició por promover cursos de capacitación, posteriormente se llevó a cabo

una fuerte promoción de los servicios de laboratorio y por último, se estuvo en posibilidades de desarrollar proyectos de desarrollo en colaboración con la empresa.

En el curso de dicho proceso, tuvieron lugar una serie de cambios en la Unidad que por un lado son producto de la influencia de las interacciones con la empresa pero que también parecen sostener y dar impulso a estas interacciones. Al respecto se pueden señalar: 1) la ampliación de su propósito institucional con respecto a la vinculación con la industria. En 1986 tan sólo se proponía la prestación de asesorías y servicios al sector industrial y para 1993 se pretende establecer programas de posgrado en áreas de interés industrial, impartir capacitación y entrenamiento, proporcionar servicios y asesoría técnica y cubrir necesidades de desarrollo tecnológico del sector industrial; 2) la reorientación de la especialidad disciplinar que se cultiva en la Unidad. Además de la metalurgia no ferrosa en que se especializó la Unidad en sus inicios, para 1993 se integran las especialidades de metalurgia ferrosa e ingeniería en cerámicos por considerarlas nichos de oportunidad dentro de la industria regional; 3) la creación de una coordinación de gestión tecnológica² que se convierte en una pieza clave que apoya la gestión y desarrollo de servicios, proyectos y cursos de capacitación, sin que por ello se reemplace la relevancia de la responsabilidad individual de los investigadores de la US en el logro de contratos para el desarrollo de dichas funciones; 4) el establecimiento de nuevas reglas institucionales formales e informales. Las reglas formales han quedado plasmadas en un Reglamento de Docencia, en un Catálogo de Costos y Servicios y en Procedimientos de Laboratorio que responden a normas de calidad con certificación internacional. Las reglas informales se expresan en el énfasis del discurso de los académicos respecto de: el impulso a la consecución de recursos financieros externos con el sector empresarial, la valoración de los proyectos de investigación de acuerdo con el monto de financiamiento alcanzado, la ponderación del uso colectivo de los recursos financieros, materiales y humanos, y en el compromiso de atender con la misma responsabilidad las tareas derivadas de los servicios y proyectos de

2. Una instancia de organización de este tipo solamente se encuentra, dentro del Cinvestav, en la Unidad Foránea de Guadalaajara.

desarrollo tecnológico y las tareas académicas internas de un centro de investigación y docencia; 5) la delimitación de los contenidos de las agendas de investigación de los académicos de la US; y 6) la organización del trabajo académico de los investigadores dentro de la Unidad en formas colectivas semejantes a configuraciones en red, mediante los cuales se abandonan los estilos de producción científica individual de fuerte arraigo en el Cinvestav. Estas formas colectivas de trabajo académico profundizan la especialización, en un contexto de aplicación que a su vez privilegia la atención a la solución de problemas.

Los párrafos anteriores muestran que la institución adecua sus propósitos y proyecto institucional a sus crecientes actividades de interacción con la empresa, otorgando un importante grado de congruencia dentro de la propia Unidad.³ Esta situación permite un apoyo directo a las interacciones academia-empresa en general y particularmente para el impulso de proyectos de desarrollo tecnológico con empresas. Sin embargo, para el desarrollo de estos proyectos, que suponen una producción de conocimiento entre academia y empresa, resultan necesarias formas de organización específicas que son distintas y en buena parte autónomas a aquellas que están presentes en la vida institucional académica, formas de organización que se apegan a mecanismos propios de regulación interna.

2. La producción de conocimiento en colaboración con la empresa en el contexto de proyectos específicos de investigación

La producción de conocimiento en colaboración constituye un punto central de la caracterización que M. Gibbons realiza sobre un segundo tipo de producción de conocimiento que actualmente cobra vigencia en todas las áreas del saber.

Este autor resalta la colaboración en la producción de conocimiento, de individuos que antes permanecían al margen de este proceso. Estos individuos «...se convierten en agentes activos en la solución de problemas» (Gibbons, 1998). En un contexto de desarrollo de investigación, tal colaboración afecta la

3. Comunicación personal con María de Ibarrola, marzo de 2001

estructura de la propia investigación, con relación a la definición del problema, la determinación de prioridades y la difusión de resultados, pero además supone una forma de organización específica que posibilite la colaboración entre individuos que pertenece a distintos tipos de organización.

Conviene señalar algunos rasgos sobresalientes que se presentan en la producción de conocimiento en colaboración y que son pertinentes a este trabajo:

- Variedad en la conformación de los equipos de investigación.
- Investigación situada en un contexto de aplicación.
- Desarrollo de soluciones de problemas que integran componentes teóricos y empíricos.
- Difusión de resultados dentro del propio proceso de producción de conocimiento.

Aumento de los «contextos problema» ligado a la posibilidad de prestar atención a una derivación sucesiva de distintas problemáticas.

- Avance en la especialización del conocimiento.⁴

Estos rasgos se reflejan claramente en la exposición de cinco casos de investigación que más adelante se presentan, casos que centralmente se estudiaron desde dos ejes analíticos: *a*) los acuerdos conjuntos previos que dotan de estructura formal a la organización para la producción de conocimiento en colaboración; y *b*) la multiplicidad de interacciones que aquí se identifican y analizan como configuraciones en red para la producción conjunta de conocimiento.

En el análisis de las formas de organización para la producción de conocimiento entre la academia y la empresa se recurrió al estudio de proyectos de investigación específicos que se desarrollaron en la US con patrocinio empresarial. Desde el inicio de este análisis los proyectos de investigación se mostraron como un importante punto de encuentro entre investigadores académicos (IA) y gerentes empresariales (GE), y permitieron el acercamiento a formas de organización distintas a las que prevalecen en la institución académica o en la organización empresarial.

4. Estos rasgos son parte de la caracterización del Modo II de producción de conocimiento según Gibbons, el énfasis que aquí se presenta pretende apoyar el análisis de las formas de organización y las distintas configuraciones de las interacciones presentes en la producción de conocimiento en colaboración.

Con base en la realización de entrevistas y la aplicación del cuestionario (consultar anexo 2) a cuatro investigadores de la US responsables de proyectos de investigación y a cuatro gerentes empresariales de cuatro distintas empresas, fue posible ubicar los acuerdos previos para el trabajo conjunto e identificar y distinguir las configuraciones de interacción o redes de conocimiento que apoyaron o se vieron implicadas en este trabajo conjunto.

2.1. *Cinco proyectos de investigación que producen conocimiento en colaboración entre la academia y la empresa*

Los cinco proyectos seleccionados obtuvieron financiamiento de cuatro empresas con ubicación en la zona metropolitana de Monterrey. Una empresa perteneciente al sector metalmeccánico (I), dos empresas apoyan proyectos dentro de la rama metalúrgica (II y III) y una de ellas apoya proyectos relativos a la extracción de minerales (IV).

Algunas características relevantes de estos proyectos son:

- a) Se orientaron a las necesidades industriales de la empresa.
- b) Reflejan continuidad en cuanto a una línea temática. Cuatro casos constituyeron la continuación de proyectos anteriores y uno de ellos derivó en otros dos proyectos (Ia).
- c) Se apoyan en interacciones academia-empresa que tienen más de cuatro años de haberse establecido y en uno de los casos hasta, ocho años.
- d) La principal interacción (frecuente, sistemática y decisiva) para el diseño y desarrollo de estos proyectos se establece entre el investigador del Cinvestav y uno de los gerentes de la empresa quien, dentro de la empresa, mantiene alguna relación con la I+D.
- e) Son considerados proyectos exitosos por los investigadores académicos y empresarios.
- f) En los cinco casos se identificaron previos acuerdos formales que permiten distinguir un escenario de interacción academia empresa dentro del cual se regula el trabajo conjunto.
- g) También fue posible identificar y distinguir distintos tipos de redes de conocimiento que se ven implicadas, en el curso de los proyectos de investigación.

En cuanto a los productos y alcances de estos proyectos, el siguiente cuadro muestra:

- h) Cuatro proyectos han dado lugar a publicaciones académicas internacionales y en uno de los casos al registro de patentes (Ia).
- i) Cuatro proyectos se ubican en un nivel desarrollo tecnológico, y aunque ninguno de los proyectos mostró un interés inicial por desarrollar una innovación tecnológica, uno de ellos (Ia) alcanzó el desarrollo de una innovación tecnológica.
- j) A excepción del proyecto que alcanza el desarrollo de una innovación, los demás proyectos cuentan con estudiantes del posgrado de la US y han logrado la producción de tesis.
- k) El diseño previo del proyecto de investigación tampoco fue una característica presente en el proyecto que alcanzó la innovación tecnológica. El caso contrario se presentó en los dos proyectos que se desprendieron originalmente de una propuesta del investigador (IVa y IVb), ambos iniciaron con la presentación de un diseño de investigación.

Una característica fundamental de estos proyectos es la organización del trabajo conjunto en una microrred de conocimiento que puede mantenerse, con sus características esenciales, para el desarrollo de otros proyectos que dan continuidad a la profundización de un mismo tema. La conformación y dinámica de estas microrredes se revisa en los apartados cuatro y cinco de este mismo trabajo.

2.2. *Los actores centrales en la producción de conocimiento en colaboración entre la academia y la empresa*

El análisis de los actores en la producción de conocimiento en colaboración se centró en GE y los IA de cada uno de los cinco proyectos de investigación. La relación estrecha, constante y estable entre estos actores en el curso de los proyectos dio pie a considerar la existencia de un puente o enlace entre la academia y la empresa a través del cual se desarrollan notorios procesos de integración dentro de la dinámica del trabajo conjunto. La relevancia de este enlace estriba en constituir el medio a través del cual fluye información y conocimiento en ambas direcciones.

En el desarrollo de la investigación resultó de suma importancia establecer las características de los actores que permiten

Empresa/ Proyecto	• Empresa I Eliminación de sustancias en Straps de bate- rías autos (Ia)	Ing. micro- estructural en lámin. (GE) lám. acero de bajo C y deform. en caliente. y propie. estables y forma- l. Ing. micro- estructural	• Empresa II Fabric. lám. acero de bajo C y deform. en caliente. y propie. estables y forma- l. Ing. micro- estructural	• Empresa III Propiedades mecánicas de tipos de acero a las temp. de enrollado de láminas (IIIa)	• Empresa IV Oxidación con ozono para pretratamiento de minerales refractarios, oro y plata (IVa)	• Empresa IV Incremento de la capacidad de columna de flotación (IVb)
Línea de investig.	Ing. de pro- cesos y ma- teriales	Ing. de pro- ducción de Straps	Lám. fabric. Ya exist., aplicado y desarrollo	Mejora- miento de un proceso	Mejora- miento de un proceso	Procesa- miento de minerales
Producto esperado	Máquina de aplicado	Desarrollo y posterior. innovación tecnológica	Operación Proyectos anteriores	Aplicación	Aplicado y básico	Información Aplicado
Tipo cono- cimiento	Desarrollo de	Desarrollo y posterior. innovación tecnológica	Operación Proyectos anteriores	Operación Proyectos anteriores	Desarrollo	Operación 1.º momen- to, puede dirigirse a desarrollo
Alcance proyecto	2 proyectos posteriores	2 proyectos posteriores	Empresa	Empresa	SI	SI
Cont. tema investig.	Empresa	Empresa	Empresa	Empresa	Investig.	Investig.
Primera acercam.	Tres pa- rentes	5	5	Un artícu- lo y tres ponencias	3	3
Publica. o patent.	No	5	5	1	4	2
Estu- diant.	No	2	2	1	3	1
Tesis	No	No	No	No	No	No
Diseño in- vestig. previo	No	No	No	No	No	No

tender dicho puente. Algunas características de los GE e IA pueden ser consideradas como antecedentes relevantes que posibilitan la interacción estrecha entre ambos.

Para el caso de los cuatro GE destacaron: 1) su formación académica de nivel superior en el área de ingeniería química metalúrgica. Dos de ellos tienen estudios de posgrado, uno a nivel maestría y otro a nivel doctorado; 2) su trayectoria laboral se remonta a más de 20 años de trabajo en las industrias y a más de seis años en el desempeño de sus actuales funciones; 3) un desempeño combinado de funciones de investigación con funciones relativas al apoyo a los procesos productivos; y 4) experiencias previas de trabajo conjunto con el sector académico del Cinvestav y/o otras instituciones de educación superior.

En cuanto a los IA resaltan como antecedentes las siguientes características: 1) obtuvieron su formación profesional en ingeniería química en IES públicas del país y formación al nivel posgrado en el extranjero. Dos de ellos en Canadá y dos en Europa (Francia y Escocia); 2) pertenecen a la US en un rango que va de seis a diez años de antigüedad; 3) tres de ellos han tenido antecedentes laborales en empresas; 4) los cuatro IA han desarrollado proyectos que contaron con financiamiento del CONACYT; 5) todos ellos son asesores de algún estudiante de posgrado de la Unidad y además desarrollan otras funciones dentro de la Unidad como son la prestación de servicios y asesorías a empresas.

Estos antecedentes constituyen un importante apoyo a las interacciones en tanto permiten compartir códigos de comunicación académica y aquellos códigos de comunicación que son propios del trabajo en la industria, que facilitan el flujo de conocimientos entre ambos. Por otro lado, estos antecedentes reflejan que cada actor está en condiciones de aportar importantes recursos al desarrollo del proyecto, no sólo recursos humanos y financieros sino también información, conocimiento, experiencias e ideas, aportaciones esenciales para posibilitar el flujo de conocimientos y necesarias en la producción conjunta del mismo. Esto es posible observarlo mejor en las actividades específicas que desarrollan los actores en el marco de los proyectos de investigación.

En el contexto específico de los proyectos, los GE son los directamente responsables de aprobar los proyectos y firmar los contratos, y asumen y desarrollan tareas fundamentales en el diseño y curso de los proyectos: definen la problemática a atender, marcan

orientaciones específicas al diseño del proyecto, elaboran preguntas de investigación, aportan argumentos empresariales para la justificación del proyecto, negocian y establecen montos de patrocinio, realizan los ajustes financieros necesarios, participan en la definición de programas de trabajo de común acuerdo y en su caso aprueban modificaciones, establecen estrategias de seguimiento, realizan revisiones periódicas, programan y presencian pruebas en planta y/o ensayos en laboratorio y discuten los resultados finales.

En general, se observó que los GE, en su relación con el sector académico y más allá del contexto y curso de un proyecto de investigación específico, desarrollan importantes acciones que permiten la apertura de espacios dentro de la empresa para el trabajo de los investigadores y se convierten en los principales promotores de los productos de la investigación académica. Los GE realizaron actividades de gestión y promoción de los proyectos, tanto como de difusión de sus resultados dentro de la empresa, impulsaron contactos entre los IA y distintos miembros de la empresa incluidos directivos de la misma, en suma, asumen la labor de una interfase entre la academia y la empresa.

De estas acciones se desprenden rasgos fundamentales del papel activo que juegan los GE en la colaboración para la producción de conocimiento.

Los IA son los directamente responsables de establecer y mantener la interacción con la empresa, tienen una actitud muy activa en la búsqueda de contratos con distintas empresas. La forma en que se establece la interacción academia empresa y la dinámica de esta relación en mucho dependen de las acciones que estos actores emprenden:

- Detectan necesidades de las empresas de desarrollo tecnológico e investigación.
- Definen los intereses de la empresa dentro del diseño de investigación.
 - Tienen bajo su responsabilidad el desarrollo global del proyecto.
 - Fundamentan la propuesta de investigación, en distintas ocasiones y ante distintos miembros de la empresa.
- Justifican ante el GE cualquier ajuste o cambio que se requiera del proyecto.
- Aportan sugerencias adicionales para el desarrollo del pro-

yecto que reporten beneficios de la empresa (registro de patentes, instalación de equipos, continuación de proyectos de investigación).

- Realizan visitas constantes a las instalaciones físicas de la empresa.
- Mantienen sesiones de trabajo con miembros de toda la Red.
- Presencian y asesoran demostraciones en planta.
- Reportan continuamente los avances en su trabajo.

Más allá de los proyectos de investigación específicos, los investigadores:

- Retoman problemáticas de las empresas, como temas de investigación de su propia agenda.
- Proponen a las empresas el diseño de proyectos conjuntos que puedan concursar por financiamiento ante CONACYT.
- Asesoran a la empresa en la incorporación personal especializado necesario para ciertos procesos productivos y se llevan a apoyar en la cartera de egresados de la Unidad.

Estas acciones muestran a los IA como responsables directos de tender un puente o enlace con la empresa, no de abrir espacios dentro de la institución académica para que la empresa patrocine y participe en proyectos de investigación, como lo tiene que hacer el GE en su propia entidad. Las formas de organización de la US, que se mencionan en el primer apartado de este documento, abren las puertas a la interacción con la empresa y en esta situación los investigadores no requieren argumentar la importancia de las interacciones con la empresa ni fundamentar técnicamente los proyectos de investigación. Por lo tanto, en el enlace con la empresa el IA no actúa como interfase, en vez de ello, la traducción constituye una función central que desempeña el IA dentro de un contexto de constante movilidad (véase Luna y Velasco, en este volumen). Los IA aparecen cruzando varias veces la frontera de su propia esfera académica, asisten con frecuencia a oficinas, laboratorios y plantas de las empresas, y en estas visitas logran colocarse cognitivamente en el espacio empresarial en el sentido de considerar las necesidades, posibilidades e intereses de este espacio y a partir de ello ajustan y reorientan sus proyectos y diseñan propuestas acordes a las demandas empresariales y con una expresión adecuada al lenguaje e interés empresarial.

El IA también traduce las propuestas de investigación apro-

badas por la empresa en proyectos de investigación que cumplan con los requerimientos académicos y administrativos para el concurso de financiamientos ante CONACYT.

[...] ajustamos la propuesta que mandamos a CONACYT... las grandes empresas están en condiciones de llenar los formularios que se requirieren... en ocasiones (con un pequeño empresario) hemos apoyado de manera fundamental esta labor, de manera directa [Salinas, 2001].

Por lo hasta aquí revisado los GE y los IA se muestran como actores centrales en el desarrollo de los proyectos y como piezas indispensables del puente o el *enlace* entre la academia y la empresa con el desempeño de distintos roles. Los GE abren los espacios empresariales al investigador y al trabajo de éste, en este sentido pueden estar funcionando como interfase con la academia. Los IA son la otra parte del puente o *enlace* quienes inician los acercamientos con la empresa; presentan una mayor movilidad en la interacción; impulsan la ampliación de alcances o metas de los proyectos; realizan importantes labores de traducción del lenguaje académico al empresarial y viceversa (Luna, Velasco, en este volumen).

En estos casos las funciones de interfase y traducción son cubiertas por distintos actores, lo cual contrasta con evidencias en las cuales, un mismo actor cumple con ambas funciones.

Además de las acciones y funciones de los GE y los IA, el arranque de los proyectos mostró requerir de un escenario de interacción que comprende los acuerdos previos para regular y coordinar el trabajo conjunto, escenario que funciona como una instancia formal de coordinación inicial para la confluencia de intereses.

3. Los acuerdos previos para la colaboración que dan lugar a la configuración de un escenario de interacción academia-empresa

Los acuerdos previos de colaboración entre la empresa y la academia constituyeron un rasgo fundamental para dar inicio a cada uno de los cinco proyectos de investigación. Estos acuerdos establecen reglas formales de organización, explícitas e im-

plicitas, que permiten delimitar un escenario de interacción en el cual se brinda un soporte formal para una organización inicial del trabajo dentro de las microrredes.

Los acuerdos formales que definen este escenario se reflejan en documentos y en algunas situaciones relevantes al curso de los proyectos de investigación.

Los *contratos* de la academia con la empresa que establecen costos y fechas de entrega, también designan responsables académicos y empresariales de un proyecto, procedimientos generales y mecanismos de monitoreo y control.

Los contratos pueden contener *cláusulas de confidencialidad* o firmarse *convenios anexos* sobre el mismo tópico, en los que el investigador se compromete a no difundir resultados o a consultar la posibilidad de publicar alguna parte de la investigación.

Los *diseños de proyectos de investigación* establecen los propósitos fundamentales de la investigación la metodología y principales procedimientos a seguir, aunque el diseño del proyecto puede estar ausente en el inicio de la colaboración.

También se establecen importantes acuerdos formales dentro de este espacio, en las *presentaciones* del proyecto que realiza el investigador ante directivos y demás miembros del equipo técnico de la empresa. La realización de estas presentaciones constituye un acuerdo explícito y formal aunque éste no se encuentre estipulado en ningún documento.

Los *convenios para estancias de estudiantes* del Cinvestav en la empresa o pago de *becas* a estudiantes del Cinvestav por parte de la empresa en los que especifica duración de la estancia, horario, el lugar de desempeño dentro de la empresa y las actividades a realizar.

Estos acuerdos marcan importantes aspectos de la dinámica interior de las microrredes.

1. Se establecen tiempos y costos a los que tiene que ajustarse el trabajo de investigación.
2. El trabajo conjunto inicialmente se apega a una jerarquía, donde el GE, norma y regula al equipo técnico y el IA realiza lo propio con los auxiliares de investigación y los estudiantes adscritos al proyecto y lleva la pauta en del trabajo con sus colegas de la US quienes fungen como corresponsables del proyecto.
3. La comunicación mantiene una dirección inicial en sen-

tido vertical ascendente, del equipo técnico de la empresa al GE y de los auxiliares de investigación y los estudiantes al IA.

4. Las funciones de los integrantes de la red de conocimientos están definidas de antemano por su adscripción laboral.

5. La conformación de la red, en términos de sus participantes, no se lleva a cabo por una decisión personal, sino por una designación desde la propia entidad de pertenencia. Es decir, los técnicos de la empresa y los auxiliares de investigación son asignados a los proyectos y no se integran a ellos a partir de su interés individual.

Esta serie de rasgos permitió identificar un marco de acción o escenario de interacción para la producción conjunta de conocimiento entre la academia y la empresa.

Este escenario marca la pauta para una coordinación⁵ bilateral al interior de la microrred, que fundamentalmente permite el acercamiento inicial de dos distintas lógicas de organización a partir de la valoración y la consideración de los beneficios mutuos, sin que aparezca como indispensable la relación personal previa.⁶

Se trata de una coordinación para el trabajo conjunto entre entidades de distintos sectores sociales e individuos que respondan a intereses heterogéneos (la solución de un problema de producción, la obtención de un financiamiento, el desarrollo de una tesis, el cumplimiento con una función laboral). La integración de esta diversidad es posible bajo un estilo de coordinación inicialmente formal, que dota de baja incertidumbre a las relaciones dentro de la microrred al establecer qué se quiere, cómo lograrlo y quiénes son los responsables en ello, más aún, la definición de proyectos de investigación considera antecedentes y conocimientos académicos, industriales y de mercado necesarios para atender la solución de problemáticas específicas, por lo que en este nivel de coordinación de la microrred, se puede

5. Un trabajo relevante sobre coordinación social en redes políticas es desarrollado por Dirk Messner (1999). La coordinación social también se propone como un elemento de análisis para las redes de conocimiento (véase el capítulo 2 de Luna en este volumen).

6. La evidencia reciente sobre redes de conocimiento muestra que el establecimiento de estas redes tenía como un antecedente importante las relaciones personales previas entre los miembros de la red, relaciones que dotaban de la confianza necesaria para la colaboración entre empresa y academia (Castro, 2001, *op. cit.*). En el presente trabajo, tres de los cinco casos considerados, no mostraron relaciones personales previas entre el GE y el IA.

destacar un predominio de flujo de conocimiento codificado, que parece impulsarse desde los acuerdos mismos de colaboración (Grimaldi y Torrasi, 2001).

En el escenario de la interacción se posibilita entonces una coordinación formal, bilateral, con poca incertidumbre que tiene que apegarse o tomar en consideración cuando menos tres importantes condiciones a las que parecen circunscribirse las posibilidades del trabajo conjunto dentro de cada caso que se analizó:

- a) La ponderación, del beneficio económico empresarial en términos de costos de productividad y/o ventajas competitivas en el mercado. Condición que no supone la eliminación de los intereses académicos.
- b) Las restricciones que enfrentan los académicos ante los acuerdos de confidencialidad sobre los resultados.
- c) Los ajustes de los tiempos empresariales y académicos para el desarrollo de los proyectos. Esto es, la aceptación por parte de la empresa de tiempos más largos necesarios en el desempeño académico y por parte de los académicos, disposición en horario y movilidad física para responder a requerimientos empresariales.

La delimitación de este escenario de interacción permitió agrupar las características formales, que se establecen para la organización inicial del trabajo conjunto entre la empresa y la academia sin embargo, este escenario y el tipo de coordinación formal que de él se deriva, pueden considerarse una plataforma de inicio y no un aspecto permanente dentro de la microrred. Conforme avanza el desarrollo de la investigación, la formalidad de este escenario va quedando en el papel y la coordinación del trabajo se amplía en distintos niveles de la microrred. Particularmente aparece la comunicación horizontal, la participación de otros miembros de la red para el rediseño y/o reorientación del proyecto, el incremento del flujo de conocimiento tácito y un incremento en la codificación de conocimiento tácito.

Pero antes de entrar en la consideración y análisis de estos aspectos conviene resaltar que la delimitación del espacio de interacción y la particular forma de coordinación antes descrita, es específica a las microrredes y que como se verá en la segunda parte del siguiente apartado, en el desarrollo de los proyectos también se implican redes más amplias, con distinta

configuración que no presentan estos niveles coordinaciones formal, aún cuando también contemplen acuerdos de colaboración bien definidos.

4. Redes que apoyan el desarrollo de los proyectos de investigación

En este apartado se realiza, además de una descripción de los proyectos de investigación, una presentación de los tipos de redes de conocimiento que de distinta forma se involucran en el desarrollo de los proyectos. La atención se centra en la caracterización de la configuración básica de las microrredes de conocimiento y se aprovecha la presentación de los proyectos para mostrar el punto de cruce con otras redes de conocimiento y características generales de las mismas.

4.1. *Microrredes para la producción conjunta de conocimiento*

En primer lugar interesa destacar que las microrredes de conocimiento que aquí se identifican se caracterizan por organizar procesos básicos de producción de conocimiento en colaboración entre la empresa y la academia. Estas redes comparan, además del espacio de interacción antes descrito, rasgos sobre la configuración, el contenido y los tipos de flujos de conocimiento implícitos en ellas. En este momento atenderemos sólo a los aspectos de configuración y una vez presentados cada uno de los proyectos de investigación, se abordará el análisis del contenido y los flujos de conocimiento de estas microrredes.

La estructura básica de estas redes se compone por: un GE y un IA que inicialmente asumen funciones centrales de dirección y coordinación por lo que pueden ser considerados los Nodos Centrales de la red (NC); ingenieros de la empresa que pertenecen al equipo técnico del GE, y estudiantes de posgrado y auxiliares de investigación de la US que están bajo la dirección del IA, miembros de la microrred que pueden ser denominados como nodos periféricos (np) por las relaciones constantes que mantienen con sus respectivos nodos centrales aunque también mantienen importantes contactos entre ellos. También destacan: uno

o dos investigadores académicos de la Unidad que apoyan la labor del IA y algún ingeniero de planta o técnico de laboratorio que llega a tener una participación puntual en el curso del proyecto de investigación.

En un punto todavía más alejado se identifican nodos de autoridad académica (AA) y nodos de autoridad empresarial (AE), aunque ambos nodos no tienen una injerencia directa en el curso del proyecto, la AE asume una función central en la aprobación del proyecto y la posibilidad continuar la relación con la academia.

En una configuración secundaria de este mismo tipo de red se pueden llegar a ubicar (para el caso de uno de los proyectos (IIa) a nodos gubernamentales de financiamiento como CONACYT y la Red de nacional de ingeniería metalúrgica que también está financiada por CONACYT. Son nodos de un sector distinto que tampoco tienen injerencia directa en el curso del proyecto, pero que sí constituyen un factor de apoyo económico a la red y una posibilidad de extensión de la misma y de impulso a la difusión de los conocimientos que produce.

Dentro de la configuración de la red, al menos tres aspectos otorgan centralidad a los nodos del GE y del IA: a) el lugar que ocupan en la direccionalidad de los flujos de conocimiento de la red. Son los nodos que mantienen contactos con la mayor parte de los miembros de la red; b) la permanencia que mantienen estos actores dentro de la red. Los nodos periféricos pueden cambiar y también pueden establecerse nuevos acuerdos de colaboración, pero la microrred se reorganiza entorno a los mismos nodos centrales; y c) la inserción que muestran estos nodos dentro de las redes que se entrecruzan en los proyectos de investigación (red académica, red de un consorcio internacional, y red metalúrgica regional). Esta última característica de los NC constituye a su vez un importante rasgo de movilidad que permite ampliar la densidad dentro de la red.

En la producción de conocimiento en colaboración proliferan, a través de la movilidad, intercambios de conocimientos e ideas y los medios o canales de estos intercambios, situación que a su vez se percibe como un crecimiento en la densidad de la comunicación (Gibbons, *op. cit.*, 54-64). En este sentido el IA aumenta sus intercambios, con un alto número de contactos entre los diferentes nodos, a través de su ir y venir entre distintos espacios de la em-

Los triángulos representan los nodos de autoridad académica y empresarial; los octógonos centrales al GE y el IA como nodos centrales; los octógonos derechos a los IA de la Unidad que apoyan el proyecto como corresponsables o parte del equipo académico; los óvalos representan a los nodos periféricos que corresponden a un técnico de la empresa y a él o los estudiantes y un auxiliar de investigación de la academia.

4.2. *Los proyectos de investigación y la identificación de tres redes de conocimiento*

a) *Eliminación de porosidades en componentes de baterías automotrices. Flujos de conocimiento en una Red de un consorcio internacional*

Desarrollo de investigación a partir de una solicitud empresarial para una asesoría académica

Una empresa mexicana (I) que se especializa en productos de baterías automotrices, forma parte, desde finales de la década pasada, de un consorcio internacional estadounidense que cuenta con filiales en Alemania, Brasil y recientemente en México. Esta empresa solicitó a la US una asesoría para resolver un problema de presencia de porosidades en componentes de baterías automotrices denominados Straps. El interior de las baterías esta formado por celdas, cada celda tiene a su vez una serie de rejillas recubiertas de polvos de óxido de plomo que se unen entre sí por fusiones llamadas Straps. La porosidad en los Straps da lugar a corrosiones que disminuyen el tiempo de vida útil de las baterías o bien pueden implicar el riesgo de explosión en las baterías.

Para la eliminación de las porosidades la empresa había trabajado durante un año con asesoría extranjera. Las acciones emprendidas consistieron en la manipulación de ciertos parámetros de control de su proceso de producción industrial.

[...] ellos buscaban solucionar el problema sin preocuparse por el origen... nosotros lo que hicimos fue detectar el origen del problema... empezamos por hacer pruebas a nivel laboratorio para aislar cada factor, para detectar el factor o la combinación de

factores que producían la porosidad... encontramos que se trataba del fundente que utilizaban y lo mostramos con una serie de experimentos [Vargas, 2000].

Se requirió entonces del desarrollo de una investigación y no sólo de una asesoría académica. Una investigación que analizara cómo generar una propuesta para limpiar el fundente antes de realizar la unión de las rejillas. Para este propósito se realizaron pruebas piloto en planta con la participación del IA, el GE e ingenieros de planta y a partir de esto se dio lugar al establecimiento de un proceso; al diseño y construcción de una máquina prototipo que permitió la limpieza rápida y total del fundente antes de la unión de las rejillas; y al desarrollo de un dispositivo que aplicaba aire seco a alta presión. La máquina...

[...] se construyó con ayuda de los ingenieros de la planta en Celaya, con los conceptos que nosotros les transmitimos. Ellos hicieron una ingeniería básica y después una ingeniería en detalle y posteriormente se construyó la máquina... en conjunto comparamos los componentes de la máquina... resultó una máquina que funciona en tres pasos: se aplica el fundente, luego se somete a una limpieza por ultrasonido y por último se aplica aire seco a alta presión para limpiar las superficies [Vargas, 2000].

El procedimiento, la maquinaria y el dispositivo se instalaron en la empresa, los dos primeros lograron patentarse en Estados Unidos y el dispositivo de aplicación de aire a alta presión se encontraba en proceso de patentarse en junio del 2000.

«Les preguntamos si no les interesaba patentar esto, ellos no tenían la experiencia de solicitar patentes y aceptaron.» La empresa pagó a los IA la elaboración de las patentes y los gastos de la tramitación y se obtuvieron tres patentes entre E y la US. «...aprendieron qué se podía patentar y cómo patentar, actualmente, nos contratan para la redacción de las patentes» [Vargas, 2000].

Estos tres productos (procedimiento, maquinaria y dispositivo) se lograron dentro de una microrred de conocimiento entre miembros de la empresa: el GE de I+D, integrantes de este mismo departamento, ingenieros de la planta de producción en Celaya, Guanajuato; y miembros de la US: dos investigadores académicos y auxiliares de investigación.

A partir de la incorporación de la empresa I a un consorcio internacional, se presenta una modificación interna en la organización del departamento de I+D. El actual gerente de este departamento dependía de un directivo interno de producción, cuando esta empresa se integra al consorcio internacional dicho gerente pasó a depender de un director de I+D estadounidense, quien también dirige los departamentos de esta misma área en Milwaukee, Estados Unidos, Alemania y Brasil.

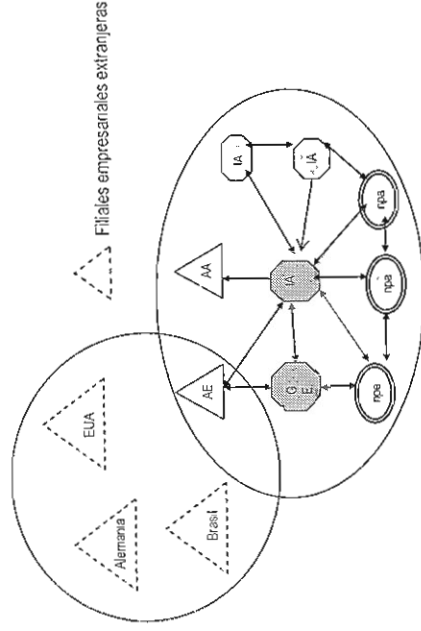
Esta nueva organización refleja la conformación de una red en la que fluye conocimiento sobre una misma área de interés, en la que los integrantes (los laboratorios de cada país) pueden especializarse en distintas ramas o componentes (químicos, metálicos, o polímeros) de los acumuladores eléctricos para automóviles y trabajar para un mismo propósito común de investigación, para la generación de innovación tecnológica en este campo.

Dentro del modelo (del consorcio) cada uno tiene diferentes especialidades (las áreas de I+D de los otros países), ahorita un proyecto importante es cambiar el sistema por el cual funcionan las baterías de los automóviles... la idea es cambiar la lógica de funcionamiento de las baterías, hacerlas más ligeras que las que funcionan con la reacción plomo-ácido, se centra en que cambie el sistema de arranque, el que actualmente existe consume una cantidad bárbara de energía... esto va a ser una revolución, pero es un proyecto a largo plazo habrá que perfeccionarse en varios campos.

Esta década va a ser de cambio... habrá muchísimas batallas muy distintas que van a hacer funciones muy distintas de las que hacen ahora... con otras químicas distintas, ahora se menciona mucho la tecnología de Ion-litio y la del metal níquel-hidruro, otras químicas diferentes a las del plomo-ácido, algunas ya están en marcha, el asunto es que tan caro o barato es... [Vázquez, 2001].

En esta red internacional, los resultados obtenidos sobre eliminación de porosidades en Straps, constituyeron el contenido de flujos de conocimiento y la evidencia la proporcionó el GE.

Red de un consorcio internacional



Microrred academia - empresa

Cuando finalmente tuvimos algo que mostrar, cuál era el producto de aquello (la investigación sobre eliminación de porosidades) era muy interesante, muy útil fuimos e interrumpimos una junta de uno de los vicepresidentes y le enseñamos y todo el mundo estaba contentísimo.

[...] esto que antes nada más nos beneficiaba a nosotros, ahora es de beneficio también para nuestros socios, nosotros logramos la patente y compartimos los resultados...

[...] nada menos ahorita, estaba yo en conexión electrónica con nuestro socio en Brasil proporcionando asesoría técnica sobre este desarrollo (eliminación de porosidades), es una asesoría que, modestia aparte, es muy costosa y los que les cuesta es sólo unas cuantas llamadas por teléfono [Vázquez, 2001].

La Microrred de este proyecto no mantiene contactos directos con la red del consorcio internacional, sólo el GE pertenece a la red del consorcio y funge como canal de flujos de conocimiento de la microrred.

b) Una red metalúrgica regional especializada en productos planos y la solución de problemas microestructurales en aceros de alta formalidad y en procesos de laminación en caliente

Una red metalúrgica regional⁸

El estudio de dos proyectos de investigación responsabilidad del Dr. Armando Salinas de la US, permitió identificar una Red de Conocimiento entre empresas del mismo sector industrial e investigadores académicos que pertenecen a instituciones públicas de investigación y que se especializan en el estudio de aceros planos.

En la US del Cinvestav, el Dr. Salinas es miembro de un equipo de cuatro investigadores que pueden trabajar en conjunto o por parejas, que se apoyan en auxiliares de investigación que que incorporan a sus proyectos estudiantes de posgrado que están bajo su asesoría. Este equipo también se encuentra en estrecha vinculación con académicos de la Universidad Autónoma de Nuevo León que⁹ trabajan en la Facultad de Ingeniería Metalúrgica (FIME), particularmente con el Dr. Rafael Colás y con investigadores del Instituto Politécnico Nacional de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrial (ESIQUE).

Estos académicos mantienen importantes contactos entorno al desarrollo de proyectos de investigación con empresas metalúrgicas de la región. En el contexto de los dos proyectos de investigación considerados, se trata de dos empresas (II y III) que pertenecen a un mismo corporaivo nacional. Se está considerando una empresa especializada en aceros galvanizados (II) y la división de aceros planos de otra empresa (III).

De estas empresas se identificaron cuatro gerentes que llegan a estar en contacto directo con la red de académicos arriba mencionada, un gerente de nivel directivo y un gerente de calidad y nuevos productos en la empresa II y un gerente de procesos en laminación en caliente y uno de procesos de laminación en frío en la empresa III.

8. Se trata de un ejemplo de red que se puede asociar con el espacio regional de conocimiento que define el Sistema de Investigación Alfonso Reyes (SIREYES) del CONACYT de acuerdo con R. Casas y M. Luna (2001, pp. 57 y 74).

9. Esta institución académica es un actor de la red que tiene fuertes colaboraciones con distintas empresas y con importantes vínculos con instituciones de investigación pública en el país. Consultar M. Luna, 2001, pp. 90-96.

Entre algunos de estos gerentes y algunos de los académicos se desarrollan proyectos específicos de investigación, los gerentes empresariales constantemente realizan consultas y solicitan servicios a los académicos. En las empresas se realizan estancias de estudiantes de posgrado y los gerentes llegan a participar como sinodales de exámenes de grado en el Cinvestav.

Las relaciones entre los distintos miembros de la Red son constantes, han abordado sistemáticamente el tema de texturas, pero no se identificó que existiera un proyecto, que tuviese un solo objetivo común, que agrupara a todos los miembros de la Red dentro de un programa de actividades específico, es decir, no se presentó evidencia de acuerdos previos formalizados que dieran una estructura específica a la red. La red se muestra amplia y con una articulación muy flexible en la que indudablemente existen fuertes e importantes flujos de conocimiento.

¿Se consideran parte de una Red?

Va más allá, Armando es el especialista en texturas en acero en el país, Gerardo Salinas también trabaja texturas en frío, Armando trabaja con Gerardo, (II) es una empresa hermana de nosotros (III) que tiene este mismo tipo de problemas, la red empieza crecer no nada más desde el punto de vista académico sino también en las diferentes empresas... Es mucho más [...] vamos avanzando en distintos aspectos sobre un mismo tema. Ya tenemos dos o tres tesis sobre tal tema y todavía no obtenemos un producto laminado en caliente que pueda suplir a otro producto laminado en frío. Lo que sí tenemos es más información para contextualizar otro proyecto, ahora hay que sacar una tesis sobre este otro, si FIME o el Cinvestav o uno de nuestros muchachos... tenemos que ponernos de acuerdo en que tipo de tesis dirigir ahora [Leduc, 2000].

Una red basada inicialmente en relaciones personales previas y que se ha ido ampliando con relaciones profesionales y académicas.

Yo fui sinodal en el examen de licenciatura de Armando, desde entonces lo conozco.

Con Rafael Colás fuimos condiscípulos y luego trabajamos juntos aquí, ambos éramos maestros de tiempo parcial en FIME pero cuando él entra de tiempo completo, yo dejé de dar clases

ahí porque él empezó a dar las materias que yo daba... nos mantenemos mucho en contacto y discutimos, con los dos, a veces me llaman de FIME para exámenes o doy una plática al año, me gusta mucho el trabajo de la academia por mi extracción académica [Leduc, nov. 2000].

Aquí nos vemos con frecuencia con Luis Leduc a veces también platicamos con René Garza (de la empresa II), por supuesto que nuestros contactos son muy frecuentes y deberían ser más con los investigadores del Cinvestav, también FIME nos apoya mucho [Salinas, nov. 2000].

Dentro de esta red también se pueden identificar nodos gubernamentales que cumplen la función central de financiamiento por parte de CONACYT y uno de los dos proyectos con financiamiento de La Red Nacional de Metalurgia en su programación «Desarrollo de productos de acero de alto valor agregado».

Dos proyectos de investigación para la atención a problemas microestructurales

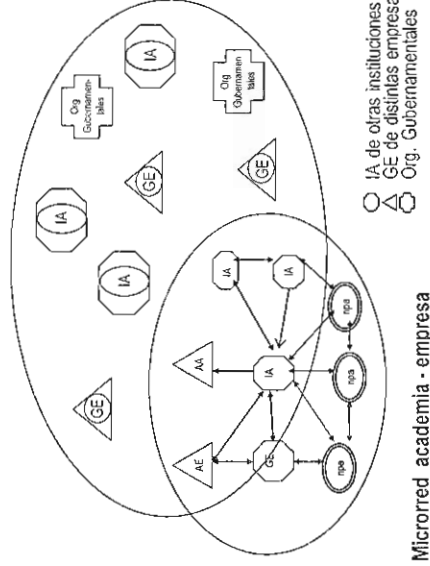
El desarrollo de cada uno de los proyectos se apoya en su respectiva microrred de conocimiento de las que un mismo IA funge como nodo central y otro investigador de la Unidad hace las veces de responsable. Como cada uno de estos dos proyectos se ubica en distinta empresa, sus respectivas microrredes cuentan con distintos GE y distintos equipos técnicos empresariales de apoyo, también varían los estudiantes de posgrados que participan en la red.

El primer proyecto (IIa) se desarrolla con el interés de producir aceros de alto valor agregado y está orientado a atender:

Un problema serio en la industria de fabricación de láminas galvanizadas, es la degradación de propiedades mecánicas después de que el producto está terminado, el acero galvanizado se deja almacenado en las bodegas del usuario y después de algunos meses se degenera y pierde sus propiedades [Salinas, 2001].

Este proyecto se extendió a tres años, en el último año se procedió al diseño de un laboratorio de simulación de la física de los procesos de fabricación de aceros.

Red metalúrgica regional



Llevamos seis meses construyendo todos los detalles del simulador... la empresa me retroalimenta, a veces ellos encuentran un comportamiento diferente en materias primas que no están acostumbrados a ver y yo les informo a los ingenieros que están construyendo el simulador [Salinas, nov. 2000].

Interesa destacar en este caso que el IA de esta microrred realizó su estancia sabática dentro de esta empresa y a partir de ella impulsó la instalación de un microscopio electrónico de barrido, prestó asesoría y capacitación al personal de la empresa y logró «un acercamiento a las problemáticas sobre las que las empresas se interesan en patrocinar proyectos» (Salinas, nov. 2000).

El segundo proyecto (IIa) se desarrolló en la empresa III con el GE de laminación en caliente, este proyecto se proponía «Conocer las propiedades mecánicas de los tipos de acero que se fabrican en la empresa, a las temperaturas en que las láminas son enrolladas al final de la laminación en caliente» (Salinas, nov. 2000). Propósito que implica la consideración de variables de temperatura que van de 400 hasta 750 °C, la velocidad de enrollado para volúmenes de 30 o más toneladas de lámina y las fuerzas que imprimen los motores que moverán este peso, todo ello relativo a las propiedades mecánicas que debe conservar el acero.

[...] toda la teoría de mecánica de esfuerzos es conocida pero, no tentamos información sobre las propiedades mecánicas de nuevos nuevos aceros, estábamos especificando las composiciones químicas que necesitábamos para dar ciertas propiedades a un producto, lo estábamos sacando a través de una serie de aceros que no conocíamos en la planta vieja y entonces, un muchacho hizo una tesis de maestría con Armando. Yo le di muestras de aceros y él sacó una caracterización de las resistencias de nuestro material, cómo cambiaban con la velocidad de formación y con la temperatura, eso finalmente lo tomamos, hicimos un juego de ecuaciones paramétricas y se lo pasamos a la gente ingeniería y con eso ellos pudieron dar parámetros de enrollado, en altas temperaturas, sobre lo cual no hay información en la literatura [Leduc, 2001].

c) *Una red conocimiento académica que atiende proyectos de investigación en extracción de minerales*

Integrantes y trayectoria de una Red de Conocimientos Académica

El análisis de dos proyectos de investigación en el área de extracción de minerales que se desarrollaron para una misma empresa minera (IV) permitió la identificación de una red de conocimientos académica. Esta red de conocimientos está conformada por tres profesores investigadores, auxiliares de investigación y por estudiantes de posgrado de la US que atienden temas específicos íntimamente relacionados con el propósito central de los proyectos.

Con una participación ocasional en el desarrollo de los proyectos, la red cuenta con participaciones de académicos de otras instituciones de investigación (Universidad de San Luis y de la Universidad Autónoma Metropolitana) y empieza a formalizar relaciones académicas con el extranjero, recientemente incluye como integrante de un proyecto de investigación ante CONACYT, a un académico que labora en el extranjero. Dos figuras de autoridad de la US, el coordinador de gestión tecnológica y el propio director, llegan a ocupar un lugar dentro de esta red al apoyar en la cotización de proyectos y establecer matices en las cláusulas de confidencialidad de estos contratos.

A lo largo de nueve años, la red ha logrado contratos para sie-

te proyectos de investigación con la misma empresa minera. En cada proyecto los investigadores se alternan las funciones de responsables o colaboradores, de tal manera que trabajan conjuntamente, al revisar, comentar y ajustar propuestas y diseños de proyectos, al discutir resultados y retroalimentar con ellos sus propios proyectos, al apoyarse en la asesoría de estudiantes, al compartir auxiliares técnicos, recursos materiales, financieros y equipo.

Cada investigador es especialista en distintos temas: Tratamiento de aguas, Recuperación de minerales y Medición de conductividad. Se trata de temas relacionados dentro del área de especialización, esto permite que la investigación conjunta sea complementaria.

Los tres conocemos los temas en los que estamos trabajando y podemos opinar y apoyarnos...

[...] cuando mi estudiante necesita profundizar en estadística, consultamos a Roberto, o cuando alguno de nosotros sale a las plantas, los estudiantes pueden apoyarse en quien esté en la Unidad... [Nava, 2001].¹⁰

Los miembros o nodos de la red que varían con el tiempo son los auxiliares y estudiantes, estos últimos se separan de la red una vez que se gradúan, aunque se mantienen en contacto con la red en distintos niveles cercanía. Estos nodos periféricos presentan, en la mayor parte del curso del proyecto, una comunicación vertical ascendente hacia los investigadores, sin embargo, como se verá más adelante, hay momentos dentro de la investigación en que el estudiante llega a mantener una relación y forma de comunicación horizontal con los investigadores.

La conformación de la red inicia con Alejandro Uribe como líder de la misma. Este profesor investigador formado en Ingeniería Química en la Universidad Michoacana y con posgrado en Canadá, llegó en 1992 a la US y desde el principio inicia la presentación de propuestas a empresas para el desarrollo de proyectos de investigación. El primer contrato lo logra con la empresa IV, con quien continuó trabajando hasta la actualidad. Posteriormente

10. Esta forma de colaborar entre los académicos se distingue de las formas individuales en las que tradicionalmente se organizó el trabajo académico en el Cinvestav, formas tradicionales que aún se encuentran presentes en varios departamentos de este Centro.

mente, el Dr. Uribe invita a Fabiola Nava y a Roberto Pérez, a incorporarse como investigadores en la US y a presentar propuestas ante la misma empresa minera con la que él trabaja.

La producción conjunta de conocimiento entre empresa y academia en dos proyectos de investigación

La primera propuesta del Dr. Uribe inició después de varios meses de revisión y ajustes, y se elaboró para que contara con financiamiento del CONACYT.

[...] reviso y discuto con Alejandro, después lo someto a consideración con uno de los ingenieros del departamento, si la acepta, él argumenta su relevancia y propone ajustes, luego vuelvo a discutir con Alejandro, no sólo la duración y el presupuesto, desde el objetivo, el alcance las pruebas y estudios convenientes... en general eso es con todos los proyectos que acepto, con los de Fabiola también... [Lara, 2000].

El proyecto consistió en la adaptación de un proceso para aumentar la recuperación de materiales valiosos que ya se aplica a por compañías mineras de Canadá. Se trata de la instalación de un equipo denominado Columnas de Flotación dentro de las cuales se produce la flotación de fluidos de materiales, cuya densidad variable permite una mejor separación de los mismos y aumentar hasta en un 5 % su recuperación. A partir de estos resultados la empresa financia un segundo proyecto (IVb) para impulsar la instalación de este procedimiento en el resto de sus plantas de extracción de metales.

El proyecto sobre tratamiento de aguas está a cargo de la Dra. Nava y gira en torno a la eliminación del cianuro de los efluentes o aguas residuales de las minas por medio de ozono. El cianuro se utiliza para la obtención de oro y plata y generalmente se le destruye con cloro, bajo un procedimiento costoso, largo y contaminante. El ozono es un gas altamente oxidante, que recientemente se puede producir en laboratorio y que tiene múltiples aplicaciones. En Canadá es muy exitosa su utilización para tratamiento de aguas con cianuro, pero en México se plantea necesario saber qué pasa con las composiciones químicas de los minerales del país en su reacción ante el ozono.

El primer proyecto de la Dra. Nava fue un estudio experimental a nivel de laboratorio, con soluciones sintéticas con cianuro, el propósito del estudio era investigar cómo se destruía el cianuro con ozono, en qué proporción y en cuánto tiempo. El proyecto también recibió financiamiento del CONACYT y permitió la adquisición del equipo y la compra de reactivos para los laboratorios de la US. La utilidad de los resultados, llevó a que la empresa demandara la realización de un segundo proyecto (IVa) orientado a probar el procedimiento bajo condiciones de producción industrial, analizar el comportamiento de una composición química en grandes volúmenes y los cambios de temperatura que se presentan en las plantas. Este proyecto fue financiado en su totalidad por la empresa.

En las investigaciones que patrocina la empresa IV, uno de su ingeniero monitorea el curso del proyecto: revisa los avances mensuales «los avances también les sirven para formar a sus ingenieros... permiten poner al tanto a los ingenieros que se integran a la empresa de los procedimientos industriales que se usan, sus fallas o límites» (Nava, 2001); reporta periódicamente al GE; está presente en las discusiones y revisiones de resultados; se encarga de la realización de estudios en laboratorios solicitados por la Dra. Nava; proporciona datos sobre la operación de procesos «la información que me proporcionan es básica, yo no podría hacer nada si no me dan respuestas...» (Nava, 2001).

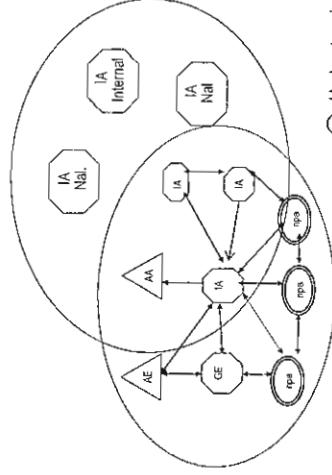
En este caso resalta la aportación que realizan un estudiante de doctorado y uno de los auxiliares de investigación al estar trabajando con ozono.

[...] se les ocurrió que tal vez se pudiera usar el ozono en la extracción de oro y plata de ciertos minerales que muestran una composición muy compacta que dificulta su separación y por lo tanto la extracción del oro y la plata.

Después de ciertas pruebas de laboratorio, se presentó la idea a la empresa y actualmente se desarrolla un proyecto cofinanciado por la empresa y el CONACYT y con la participación del estudiante ya graduado y de un investigador canadiense.

Los proyectos de esta red han dado lugar, a la instalación de nuevos procedimientos industriales que reducen costos y aumentan beneficios hasta de un 5 % en productividad, al desarro-

Red académica de conocimientos



Microrred academia - empresa

llo de nuevos proyectos de investigación, a la publicación conjunta entre académicos y miembros de la empresa, a obtención de equipo por parte de la Unidad, a la ampliación de temas de interés para la academia, a la ampliación de la red hacia colegas recién graduados e investigadores extranjeros.

De los anteriores casos se desprenden importantes aspectos que reflejan la participación de la empresa en la producción de conocimiento en colaboración con la academia:

- El desarrollo de una fundamentación y defensa de la propuesta por parte de un miembro del equipo técnico empresarial. Situación que puede ser considerada como una forma de apropiación de la propuesta por la empresa, en los casos en que el IA elabora el proyecto.

En el caso de proyectos derivados de demandas de la empresa:

- La aportación de información previa sobre los antecedentes del tratamiento que la empresa dio a un problema o sobre las variables que intervienen en los procesos productivos (la utilización de distintos fundentes y la variación de parámetros de control en el proceso productivo industrial o las variables específicas que operan en la producción de acero de alta formalidad o en los procedimientos de enrollado de lámina).

En el curso de los proyectos:

- Aportación de muestras, soluciones, e información del comportamiento de los procedimientos en condiciones industriales.
- Instalación a nivel industrial de los procedimientos productivos que se investigaron.
- Elaboración de diseños de ingeniería básica y de detalle para la construcción de máquinas prototipo y construcción e instalación de maquinaria, procedimientos y equipo dentro de las plantas.
- Participación en publicaciones conjuntas o en la elaboración de las patentes.
- Difusión y transferencia de conocimiento a nivel regional o internacional.

Esta serie de aspectos y aquellos que ya se enunciaran como parte de la participación que tienen los GE en los proyectos, permiten afirmar que la empresa no sólo demanda el desarrollo de una investigación que patrocina, ni tampoco se limita a establecer especificaciones técnicas que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de los proyectos, las acciones señaladas muestran un papel empresarial con un importante nivel de compromiso y con una influencia directa en el diseño, curso y resultados de las investigaciones que patrocina.

En cuanto a la red de conocimiento académica, las del consorcio internacional y la red regional de metalurgia, resulta relevante señalar que se muestran como redes con distintas configuraciones que operan sin establecer previos límites temporales, programáticos y presupuestales y que se apegan a distintos mecanismos de coordinación.

5. Contenido y flujos en las microrredes de conocimiento

5.1. Características del contenido en las microrredes

El tratamiento de cinco temas de interés conjunta a cada una de las partes (academia y empresa) en el desarrollo de los proyectos dentro de tres distintas subespecialidades: extracción de materiales, Ing. metalmecánica e Ing. microestructural.

Para cuatro de los cinco casos considerados (IIa, IIIa, IVa y IVb) se trató del desarrollo de investigaciones con base en cono-

cimiento ya existente. Está presente la investigación sobre procedimientos ya probados en el extranjero bajo otras condiciones industriales y la investigación sobre propiedades mecánicas específicas de nuevos productos con base en teorías ya establecidas. Estos cuatro casos y aquel que generó conocimiento totalmente nuevo y derivó en una innovación de desarrollo tecnológico (Ia), mostraron profundizar en el conocimiento de sus respectivas especializaciones temáticas. Una muestra de la profundización en la especialidad temática consistió en que los proyectos presentaron aplicaciones sucesivas sobre el mismo tema en contextos semejantes (de laboratorio o de prototipos y modelos, a la instalación en condiciones de producción en planta).

La solución de un problema en los procesos industriales es considerado por los académicos un propósito fundamental en cuatro de los cinco proyectos de investigación. En este punto los GE no coincidieron con los académicos, para los GE los propósitos variaron entre el desarrollo o mejora de un producto o proceso o incluso transferencia de tecnología. Esta situación puede deberse a que la distinta adscripción institucional de los nodos centrales de la microrred reflejan una percepción distinta sobre la finalidad de los proyectos. En al menos cuatro de los casos es muy clara la producción de conocimiento a través del diseño (los proyectos de las empresas II y III y los dos proyectos de la empresa IV), un diseño que incorpora al mismo tiempo los usos específicos y las funciones, las maquinarias y los procedimientos, a través de un continuo intercambio de conceptos, métodos e instrumentación (con la empresa I). La incorporación de los usos específicos para un diseño, supone la participación empresarial que permita considerar no sólo la necesidad de la empresa, sino también y fundamentalmente su punto de vista, la información previa que condensa, sus ideas, su experiencia, su infraestructura y hasta sus expectativas.

Al respecto de los intercambios, empresarios y académicos comparten una valoración muy alta de los intercambios de ideas y de las experiencias, de acuerdo con el cuestionario aplicado en cuanto a intercambios específicos realizados en el curso de cada proyecto. El siguiente cuadro presenta el promedio de calificaciones que otorgaron, en una escala de 0 a 10, los IA y GE.

A pesar de estas calificaciones, el análisis de cada uno de los casos mostraron relevancia respecto del intercambio de habilidades, métodos, normas y técnicas.

Opciones	Promedio
Ideas	9,36
Valores	8,63
Datos	8,5
Experiencias	8,7
Habilidades	7,8
Métodos	7
Normas técnicas	5

5.2. Fuentes, canales, dirección y tipos de flujos de conocimiento¹¹

La institución académica y la empresarial constituyen importantes fuentes de flujo conocimiento. La academia permite el acceso a todo aquel conocimiento sistematizado que se produce sobre temas específicos y a las fuentes propias en que este conocimiento circula, como publicaciones, conferencias, programas de formación y agrupaciones de académicos especialistas en distintos temas. Si es el caso de contar con financiamiento gubernamental vía el CONACYT, la academia juega un importante papel en la traducción de información de la administración gubernamental a la empresa. La empresa constituye una fuente de conocimiento sobre condiciones específicas en que se realizan procedimientos productivos en planta y en volúmenes industriales, sobre información de proveedores, competidores, consumidores, agencias de investigación y sobre los procesos de certificación en curso dentro de la producción empresarial.

El canal más efectivo de comunicación bidireccional es el enlace que se establece entre los dos nodos centrales, la relación personal de estos miembros de la red en las etapas de definición inicial, diseño, rediseño del proyecto de investigación que se desarrollan en una vinculación marcadamente bilateral y estrecha. La posibilidad de la relación cara a cara entre los miembros de la red constituye el canal fundamental de los flujos internos de conocimiento.

11. Las fuentes y canales de los flujos de conocimiento son identificadas por Jake-line Senker *et al.* (1998) para analizar las contribuciones en términos de *inputs* que la academia hace a la empresa en el desarrollo de innovaciones tecnológicas.

Otros canales relevantes de comunicación o de flujo de conocimiento

De la empresa a la academia	De la academia a la empresa
Sesiones de trabajo	Diseño de proyecto
Pruebas en planta	Reportes de laboratorio
Descripción de procedimientos de producción	Avances e informes de resultados
Reportes de pruebas en laboratorio	Reportes de estancias de estudiantes
Presentaciones a directivos	Tesis
Aportaciones de muestras e información de distinto tipo	Publicaciones académicas
Manuales de procedimientos	Catálogos de equipo y de proveedores
Reuniones sociales informales	Reportes de equipo técnico empresarial
Estancias de estudiantes	Sesiones de trabajo
Revisiones de proyectos y avances por directivos	Consultas y asesorías
Consultas y asesorías	Estancias de estudiante
	Demostraciones en laboratorio y pruebas en planta

El *conocimiento codificado* está presente en todos los documentos escritos que se intercambian, diseño de proyectos, contratos, avances y reportes, resultado de laboratorio, tesis y reportes finales. También en las demostraciones experimentales, particularmente en aquellas realizadas en laboratorios bajo situaciones de control experimental, en las reuniones que tienen que ver con sesiones de trabajo y con presentaciones de proyecto y de resultados ante directivos de la empresa, una parte de las asesorías y las consultas tendrían que haberse realizado con base en conocimiento codificado.

Este conocimiento resulta fundamental no sólo en la solución de un problema industrial sino también en la forma de atender y resolver este problema. El conocimiento codificado está en la base de los procesos de aprendizaje, transmisión, transferencia y producción de conocimiento y es una representación clara de los contenidos en los intercambios que tienen lugar, sobre principios, teorías, leyes, reglas y procedimientos. El conocimiento codificado se encuentra sistematizado y en una situación de educación, enseñanza o demostración formal, permite una presentación estructurada bajo una determinada organización y secuencia. En el marco de las microrredes que aquí se revisaron, los flujos de conocimiento codificado resultan centrales en el escenario de interacción que está fuertemente definido por los acuerdos de colaboración previos en-

tre la academia y la empresa. Dentro de este escenario las comunicaciones entre los nodos centrales y la autoridad empresarial, que resultan relevantes a la definición y aprobación del proyecto, no sólo se basan sino que también producen conocimiento codificado relevante respecto de la organización inicial del trabajo conjunto y de las especificaciones de la investigación a desarrollar dentro de la microrred. Se puede considerar que este es un momento o fase de la microrred, de estabilidad, claridad y baja incertidumbre que fundamentalmente se apoya en el conocimiento codificado.

Es posible que la anterior apreciación guarde cierta distancia o quizá suponga hasta una controversia respecto de la interesante hipótesis que nos propone el Dr. Rodrigo Díaz en este mismo volumen, en la cual se sostiene que el conocimiento tácito tiene mayor presencia en los aspectos estables y predecibles de la red.

En el presente trabajo una interpretación posible fue ubicar la presencia de conocimiento tácito en situaciones menos estructuradas y estabilizadas dentro de la microrred, ahí donde se realizan las observaciones, se corren pruebas, se realizan análisis, se discuten y proponen ideas, y en general, se establece un contacto sistemático de comunicación informal, directo y cara a cara entre distintos miembros de la red, especialmente entre los nodos periféricos y el IA.

Por lo anterior, los canales de flujo de *conocimiento tácito* se pueden identificar en las reuniones informales aunque también en aquéllas que son formales, en las sesiones de trabajo, en las pruebas en planta y en las demostraciones en laboratorio, en la asistencia a cierto tipo de eventos como exámenes de grado, en las asesorías a estudiantes que realizan estancias, en las visitas a planta para observación de procedimientos de operación de equipo y en las consultorías y las asesorías.

En los flujos de conocimiento tácito se están considerando ideas, actitudes, expresiones, impresiones y algunas habilidades y destrezas que no hubiesen alcanzado la expresión explícita.

El conocimiento tácito es un elemento inherente en cualquier situación de aprendizaje, transmisión, transferencia y producción de conocimiento (Lundvall, 2000). Su presencia es implícita, ya que este conocimiento no se encuentra articulado a nivel del pensamiento y por lo tanto no tiene una expresión directa ni verbal, ni escrita, tales características limitan su transmisión y la posibilidad de compartirlo (Hirst, 2000), en

una situación formalizada para la enseñanza o la investigación, la transmisión o transferencia del conocimiento tácito fluye desde el maestro, tutor o investigador, en una situación informal de producción de conocimiento en colaboración entre la academia y la empresa, el flujo de conocimiento tácito es posible en la interacción cara a cara entre los actores de una red.

El conocimiento tácito constituye un componente importante en los flujos que se suceden a nivel de la configuración básica de la red, entre nodos centrales y periféricos, sin embargo, dado que los canales referentes a reuniones informales, caracterizaciones de muestras en laboratorio, pruebas en planta y asesorías tienen una frecuencia más alta entre el IA y los nodos periféricos empresariales, y entre estos últimos y los estudiantes de posgrado, es presumible que estas sean las direcciones más importantes de flujo de conocimiento tácito entre la parte académica y la parte empresarial de la red.

5.3. *Una caracterización general de las microrredes*

De la configuración, la densidad y la forma de tratamiento de contenido dentro de las microrredes que fueron descritas en este trabajo, una posible caracterización es concebirlas como redes de conocimiento específicas, puntuales, de poca amplitud. Redes particularmente centradas en relaciones bisectoriales, heterogéneas por los distintos roles y actividades de sus integrantes pero de baja complejidad (simple, sencilla o bilateral) y de alta densidad, con importantes componentes de formalidad que las apoyan y les dan estabilidad, que se integran bajo una estructura jerárquica con flujos de información vertical hacia nodos de autoridad, pero con mecanismos de comunicación predominantemente horizontal entre la mayor parte de los nodos de la red, comprometidas en la tarea fundamental de producir conocimiento para la solución de problemas, sin un interés explícito o central por el desarrollo de una innovación. Redes que se pueden caracterizar como estratégicas, no sólo por el tipo de compromisos que asumen sino porque están possibilitando la instalación de capacidades para la experimentación, el desarrollo y la investigación de las empresas y cierta contribución a la instalación de infraestructura para el desarrollo de la

investigación en la academia, en lo que refiere a equipos para laboratorios y con relación a la instalación de procedimientos de calidad con certificación internacional.

Podemos hablar entonces de micro redes de conocimiento especializado a través de las cuales se intercambian recursos, se comparten valores e intereses y se obtienen beneficios mutuos, pero que fundamentalmente están orientadas a la producción de conocimiento en colaboración.

Respecto de las funciones que estas redes desempeñan se puede señalar que:

- Cumplen un papel central en el acceso del conocimiento para saber cómo y quién, por parte de las empresas, y el saber qué y para qué por parte de los académicos.
- Constituyen una vía directa para el acceso a fuentes de información y conocimiento especializado.
- Facilitan la interacción cara a cara que constituye una forma rápida y fluida para la comunicación entre los integrantes y una posibilidad para acceder al conocimiento codificado y tácito necesario en la producción de conocimiento en colaboración.
- Son una vía para la movilidad de sus miembros, una puerta de entrada a la empresa para los académicos, y una puerta de entrada a la academia para los empresarios.
- Constituyen una opción para la organización que permite el intercambio, el aprendizaje y la transferencia de conocimiento, con base en flujos de conocimiento tácito y codificado en escenarios no institucionalizados.

Específicamente, para el caso de la empresa las redes de conocimiento aquí descritas son: una posibilidad para lograr la capacitación de personal, para desarrollar capacidades y para resolver problemas de desarrollo tecnológico.

Para el caso de la academia, las redes de conocimiento son: una forma de allegarse recursos financieros; una posibilidad de desarrollar investigación aplicada; una posibilidad para ampliar relaciones académicas y sociales en general, locales, regionales e internacionales; una forma de organización del trabajo con miembros ajenos a la academia; una puerta de entrada a la empresa que permite el trabajo conjunto y abre la posibilidad a los investigadores individuales de realizar estancias en empresas, de contratarse como personal dentro de las empresas; y de comer-

cializar los productos de la investigación académica; pero también, estas redes de conocimiento son una forma de generar y mantener actualizada una agenda de investigación académica.

Las microrredes de conocimiento que aquí se han revisado, no parecen sustituir las formas propias de producción de conocimiento en la academia, ni convertirse en los únicos espacios que utilizará la empresa para profundizar el conocimiento que produjo en colaboración con la academia.

En los cinco casos de proyectos de investigación estudiados se observó que tanto los investigadores como la empresa continúan profundizando en el mismo tema que trabajan en conjunto, fuera del escenario de la interacción o de la microrred de conocimiento que se generó, dentro de las agendas de investigación del IA y del GE en concordancia con la empresa (Gutiérrez, 2001). Parece que cada una de las partes de la interacción, requiere de otras condiciones que no se cumplen, no se alcanzan, o que se ven limitadas dentro de la interacción misma.

La integración de las problemáticas industriales de las empresas a la Agenda de Investigación Académica podría ser interpretada como un resultado del intercambio y los flujos de conocimiento entre las partes. De los problemas que son retomados de las empresas por los investigadores, se llega a conocer, mediante la interacción, el nivel de tratamiento o acercamiento que alcanzó la empresa y las limitaciones que no se pudieron superar bajo ciertas condiciones. De esta plataforma inicial de conocimiento, que ya condensa importante conocimiento tácito y codificado, puede partir el investigador y realizar las reformulaciones que respondan a las exigencias del rigor académico. De esta forma, la generación de conocimiento en la academia se orienta por demandas externas al ámbito académico que se incorporan a su agenda de investigación.

Las cuatro empresas aquí consideradas atienden problemas de investigación y desarrollo de mediano y largo plazo previamente agendados, en atención a una agenda de problemáticas es que las empresas establecen interacción para la producción de conocimiento en colaboración con la academia. Esta agenda tecnológica determina las posibilidades de patrocinio a la investigación académica, pero también es indiscutible que a partir de la interacción con la academia dicha agenda se influye, se precisa o se redefine. En la definición y precisión de esta agenda, necesariamente está

involucrado el aprendizaje, el intercambio de información e ideas el flujo de conocimiento. Particularmente, destacó el aprendizaje de los procedimientos y métodos y técnicas propios de la investigación académica, desde lo que puede ser el diseño de proyectos hasta la incorporación de técnicas experimentales de control de variables en ambientes de laboratorio.

Conclusiones

En el análisis de la producción de conocimiento en colaboración entre la academia y la empresa fue posible distinguir la participación de redes de conocimiento con distinto alcance y amplitud, con diferentes configuraciones y formas de coordinación. Redes que se orientan al intercambio, transferencia y/o producción de conocimiento y que muestran distinto tipo de relación o compromiso con el desarrollo de los proyectos específicos de investigación que aquí se analizaron.

Este trabajo resaltó la conformación de redes que operan en un nivel básico o micro de la producción de conocimiento dentro de proyectos específicos de investigación, que suponen formas de organización para el apoyo y coordinación del trabajo conjunto.

El análisis de la estructura y dinámica de estas redes permitió una caracterización distintiva de las mismas.

Con respecto a la estructura de las microrredes, los acuerdos previos entre la academia y la empresa definen la conformación de un escenario formal de interacción que dota de un marco acción inicial para el trabajo conjunto pero que además, logra la articulación de los distintos intereses que sustentan los individuos y organizaciones participantes de esta red. Se trata de un escenario donde se definen de común acuerdo reglas propias y se establecen recursos de coordinación que permiten regular interinamente la dinámica de la microrred. También con relación a su estructura, se puede decir que se trata de una red de conocimiento fundamentalmente bisectorial, compacta, heterogénea por los distintos roles de sus integrantes, pero de configuración sencilla porque en ella participan centralmente, miembros de dos entidades definidas, y a pesar de esto último, como Red red presenta mucho más que la suma de relaciones bilaterales.

Las microrredes compartieron una configuración en cuanto

al tipo de nodos identificados: un GE un IA como responsables, otros académicos como corresponsables, estudiantes, auxiliares de investigación y personal técnico de la empresa.

En su dinámica, estas microrredes están fundamentalmente determinadas por su orientación básica a la solución de problemas de producción dentro de las empresas. Son redes puntuales y acotadas a un proyecto de investigación que profundizan el conocimiento dentro de una especialidad a partir de lograr aplicaciones sucesivas que atienden problemáticas en contextos semejantes.

Los miembros que en estas redes participan aportan distintos recursos para la solución de los problemas que atienden; sin embargo, los recursos relevantes parecen ubicarse en los dos nodos centrales de la red, nodos que también establecen los mecanismos iniciales y más importantes de coordinación y hacia los cuales se establecen el mayor número de interacciones. La centralidad de estos nodos se refleja en distintos aspectos de la dinámica de la red, sin embargo es necesario hacer notar que la forma de indagación de este trabajo, entrevistas y cuestionario aplicados y dirigidos al GE y al IA, pudo haber sesgado los resultados a este respecto.

A pesar de la evidencia de la centralidad en estas redes, la variedad de contextos por los que tienen la oportunidad de transitar al menos cuatro de los nodos dentro de la microrred (el IA; el GE; el estudiante y el técnico empresarial) fue un factor que apoyó el reconocimiento de una alta densidad de comunicación en las redes.

Los flujos de conocimiento en las microrredes se sustentan tanto en conocimientos tácitos como codificados y el enfoque de proyectos específicos de investigación posibilitó identificar y especificar hasta 19 distintos canales de flujo de conocimientos, producto de la intervención *in situ*, que pueden llegar operar en este tipo de redes.

Los conocimientos tácitos y codificados y los canales por los que fluyen constituyen una base específica en que se apoya la producción conjunta de conocimiento y en la que también se lleva a cabo la actualización y formación especializada (véase Santos y Gortari, en este volumen) de investigadores académicos y empresariales y de técnicos profesionales en ambos ámbitos.

Esta situación permite señalar que las microrredes, al igual que otras redes de conocimiento o de innovación, impulsan y apoyan el desarrollo de funciones (investigación y docencia) que son consustanciales a la vida académica institucional, bajo mecanismos de regulación que marcan una considerable dis-

tancia de aquellos que operan en la institución académica o en la organización empresarial.

Lo específico de las microrredes que aquí se analizan parece poder ubicarse, más allá de los aspectos puntuales que describen la morfología de su configuración, en el nivel y tipo de coordinación que logran establecer como plataforma básica de regulación para el trabajo conjunto. Se trata de una coordinación que hipotéticamente combina por un lado, una estructura de trabajo inicial altamente formalizada que se apeg a una jerarquía de trabajo predeterminada, donde principalmente parecen articularse los distintos intereses públicos y privados que respecto del desarrollo y uso del conocimiento mantienen dos organizaciones diferentes y; por otro lado, se trata de la coordinación de formas o recursos de regulación y comunicación horizontal que se van estableciendo, internamente, entre los nodos de la red durante el curso de los proyectos de investigación, donde aparece como central la articulación informal de los diversos intereses que sostienen, de manera individual, los distintos miembros de la red.

Una coordinación de intereses en dos niveles, organizaciones e individuos, sobre la cual, si bien es cierto que se logra autonomía en el desempeño interno de la red, también supone una relación bidireccional con las organizaciones miembros de esta red. Para el caso de la US se pudo observar que la coordinación requiere de ciertas condiciones institucionales que la posibiliten y la impulsen, y además la coordinación supone o permite la optimización de las organizaciones en su interior (Messner, 1999).

[...] compartimos responsabilidad y coresponsabilidad en los proyectos... es más fácil trabajar (académicamente) con alguien que hacerlo todo solos... compartimos recursos... nos apoyamos con los alumnos.

De esta forma la microrred mantiene lazos hacia las organizaciones que en ella participan, en una relación flexible que apoya la organización para la producción conjunta de conocimiento al interior de la red sin implicar la sustitución de aquellas formas ya establecidas en la institución académica para producir conocimiento o de las formas que la empresa está generando con este mismo interés.