



A cinco años de su inicio pueden señalarse algunos logros, como publicaciones, desarrollo de conocimientos científicos y tecnológicos y ciertas habilidades técnicas. Lo más interesante, sin embargo, son los resultados intangibles de esta experiencia de vinculación, entre los que destaca la creación de una red de investigación científico-tecnológica entre universidades y empresas, cuyo horizonte es de más largo alcance que el proyecto en sí. El aprendizaje conjunto sobre los problemas de la vinculación y la generación de externalidades son resultados de esta red.

En este trabajo se describe el desempeño de la red de investigadores participantes en el macroproyecto para extraer las principales enseñanzas sobre la vinculación universidad-industria de este caso ejemplar.<sup>5</sup>

En todos los trabajos sobre política científica y tecnológica y la gestión de las investigaciones se indica la necesidad de formar vínculos entre quienes en la actualidad participan o bien puedan estar potencialmente interesados en aquéllas.<sup>6</sup> Buena parte de la labor de los responsables de la investigación es fomentar estos vínculos entre ámbitos distintos (por ejemplo, la universidad y la industria, u organismos nacionales y extranjeros) o entre instituciones del mismo ámbito (por ejemplo, universidades). Las redes que forman los científicos son quizás la mejor medición del éxito de los proyectos, tanto desde el punto de vista científico como desde el de sus aplicaciones.<sup>7</sup>

Resulta así crucial no sólo medir el éxito académico y científico de los proyectos de investigación (usando para eso indicadores tales como la cantidad de publicaciones, personas formadas y patentes depositadas), sino también su capacidad para estructurar el medio científico y tecnoeconómico.<sup>8</sup> Lo mismo es aplicable en escala nacional, cuando se quiere evaluar la capacidad de fomento de la política científica y tecnológica.<sup>9</sup> Cabe destacar que la unidad del presente análisis es la red de relaciones entre los investigadores y no las instituciones a las que pertenecen.

5. La metodología consistió en entrevistas a los investigadores, análisis de los informes técnicos y confrontación de ideas entre los participantes. Se entrevistó a casi todos los investigadores del macroproyecto y a los funcionarios del Conacyt vinculados al mismo. Sobre la metodología para estudios de caso véase R.K. Yin, *Case Study Research: Design and Methods*, Sage, Newbury Park, 1989.

6. Un excelente manual sobre nuevos métodos de análisis de la ID es el de D. Vinck (ed.), *Gestión de la recherche*, De Boeck, Bruselas, 1991. En particular, véase F. Moisan, "Nouveaux outils, nouvelles pratiques", pp. 309-338, que presenta el uso operacional de estos conceptos en la gestión de los programas de desarrollo tecnológico.

7. M. Callon y B. Latour (eds.), *La science et ses réseaux. Génèse et circulation des faits scientifiques*, La Découverte-Conseil de l'Europe-UNESCO, París, 1989; M. Callon, J. Law y A. Rip, *Mapping the Dynamics of Science and Technology, Sociology of Science in the Real World*, Mac Millan, Londres, 1986.

8. M. Callon, J.P. Courtial et al., "Tools for the Evaluation of Technological Programmes: an Account of Work Done at the CSI", *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 3, núm. 1, 1991, pp. 3-41. M. Callon, P. Larédo y P.H. Mustar (eds.), *La gestion stratégique de la recherche et la technologie. L'évaluation des programmes*, Economica, París, 1995.

9. R. Arvanitis, M. Callon y B. Latour, *Évaluation des politiques publiques de la recherche et de la technologie. Analyse des programmes nationaux de la recherche*, La Documentation Française, París, 1986.

El trabajo se inspira en una concepción evolutiva del cambio tecnológico, que considera no sólo los acervos de conocimientos, habilidades y capacidades sino el proceso de crearlos.<sup>10</sup> Desde esta perspectiva, el desarrollo tecnológico es un fenómeno acumulativo, sistémico e incierto en el que los conocimientos tácitos y los procesos de aprendizaje desempeñan un papel fundamental.<sup>11</sup> Así, la creación de una red de investigación y la dinámica de su funcionamiento constituyen un mecanismo de la acumulación tecnológica. La utilidad de la investigación, en efecto, es en gran parte resultado del funcionamiento de dichas redes, en las cuales participan actores productivos. En la actualidad se han incrementado los estudios que permiten entender la más estrecha vinculación entre el conocimiento y la producción.<sup>12</sup>

#### EL MACROPROYECTO "FUNCIONALIZACIÓN DE POLÍMEROS Y ALEACIONES CON PLÁSTICOS DE INGENIERÍA VÍA EXTRUSIÓN REACTIVA"

##### Contenido científico e importancia industrial

El macroproyecto tiene varios propósitos. Técnicamente se trata de desarrollar procesamientos reactivos de polímeros y mezclas poliméricas, funcionalizar y compatibilizar polímeros. A continuación se indica su importancia para el desarrollo industrial.

La extrusión reactiva permite combinar la síntesis del polímero y el mezclado por extrusión en un solo proceso. Tiene la ventaja industrial de reducir los costos de elaboración del producto final (extrusión). Es un área tecnológica con sólo diez años de experiencia en el mundo.

La funcionalización permite obtener nuevos materiales o cambiar sus propiedades (dureza, resistencia a los cambios de temperatura, etc.) al agregársele un material. Es de gran importancia para la industria, pues se pueden elaborar nuevos productos para mercados muy específicos, conforme al deseo del cliente.

Las mezclas de polímeros son una de las principales búsquedas de la investigación tecnológica en el mundo. Obtener un nuevo polímero es un proceso muy costoso, mientras que las mezclas permiten obtener nuevos productos con relativa faci-

10. G. Dosi et al. (ed.), *Technical Change and Economic Theory*, Columbia University Press, 1988; C. Freeman, "The Economics of Innovation: Critical Survey", *Cambridge Journal of Economics*, núm. 18, 1994.

11. D. Villavicencio y R. Arvanitis, "Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico: reflexiones basadas en trabajos empíricos", *El Trimestre Económico*, vol. 61, núm. 2, 1994, pp. 257-279. Sobre el papel de estos procesos en la conformación del sistema nacional de innovación véase E.S. Andersen, "Approaching National Systems of Innovation from the Production and Linkage Structure", en B.A. Lundvall (ed.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, Londres, 1992, pp. 68-92.

12. R.K. Yin y G.B. Moore, "Lessons on the Utilization of Research from Nine Case Experiences in the Natural Hazards Field", *Knowledge in Society: the International Journal of Knowledge Transfer*, núm. 1, 1988; K. Pavitt, "What Makes Basic Research Economically Useful?", *Research Policy*, núm. 20, 1991; F. Navin y J. Frame, "The Growth of Japanese Science and Technology", *Science*, núm. 245, 1989.

lidad. Sin embargo, los materiales que se usan no son miscibles y por ello hay que agregarles otros, llamados compatibilizantes, para efectuar la mezcla. El macroproyecto permitió desarrollar varios de estos compatibilizantes.

Entre los posibles usuarios de los conocimientos fundamentales y de los desarrollos tecnológicos del macroproyecto se encuentran la industria de mezclas y aleaciones de polímeros. Se espera que la que se especializa en lo primero en el futuro esté guiada por la continua aparición de nuevos productos en el mercado. La investigación y el desarrollo (ID) tecnológico serán claves para las empresas que quieran entrar y mantenerse en ese mercado tan especializado y dinámico. Buena parte de la investigación en esta industria parece orientarse al uso de resinas para bajar los costos de producción, hacer más eficientes los procesos de mezclado y disminuir los insumos o efluentes.

Adicionalmente, la industria química, y en particular la formuladora de productos, tienden marcadamente a generar productos con un menor contenido de materiales peligrosos o tóxicos, reducir el empleo de solventes y remplazar los productos basados en éstos por otros en los que se emplee agua (pinturas, productos de tocador, barnices, pegamentos).

Estas tendencias abren una "ventana de oportunidad" para los países de menor industrialización por el carácter específico de los productos y porque pueden abastecer nichos de mercados con base en tecnologías intensivas en conocimientos pero relativamente menos en capital.<sup>13</sup>

### El grupo de investigadores y los proyectos específicos

En el macroproyecto participó parte significativa de la comunidad científica en el área de polímeros en México; se integró a la mayoría de los investigadores especializados en la síntesis de éstos y a otros con habilidades complementarias para el proyecto. Aproximadamente 70% de quienes se incorporaron en la propuesta inicial del macroproyecto permanecieron en él hasta el final, aunque algunos cambiaron de adscripción. Con posterioridad se incorporaron otros en la Facultad de Química y en el Centro de Investigación Química Aplicada (CIQA).

### BREVE HISTORIA DEL MACROPROYECTO

#### Antecedentes<sup>14</sup>

Antes de que el Conacyt expidiera la convocatoria de un macroproyecto se habían emprendido varios programas de enlace entre universidades y empresas. Éstos, en general, trataban de responder a los requerimientos de las empresas por mano de obra altamente calificada. La presión por desarrollar,

13. Carlota Pérez, "Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto", en Ominami (ed.), *La tercera revolución industrial. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, RIAL-Grupo Editor Latinoamericano, Santiago, 1986.

14. Roberto Alexander-Katz proporcionó el material de la época de su gestión al frente del Comité de Polímeros del Conacyt, que fue de gran utilidad para elaborar este apartado.

imitar y dominar el conocimiento en tecnologías competitivas, particularmente ante las políticas de apertura económica, planteó a las empresas la necesidad de incorporar en las plantas a personal muy calificado, con experiencia en la investigación.<sup>15</sup>

En general estos programas se orientaban a brindar formación de posgrado. Sin embargo, el alcance y el contenido eran diferentes. Muchos se limitaron a otorgar una beca a los estudiantes, o bien simultáneamente a estudiantes y profesores-investigadores. Otros cubrieron una parte de los gastos operativos de la investigación. Por último, algunos de estos programas, según palabras de Roberto Alexander-Katz, "buscan un equilibrio entre fomentar la consolidación de programas e impregnar del proyecto industrial al académico".<sup>16</sup> En esta categoría se inscribe el plan Industrias Resistol (IRSA)-universidad, el cual merece mención especial.

Dicho plan fue uno de los primeros esfuerzos sistemáticos de Industrias Resistol para mantener un vínculo estrecho con las universidades. Su propósito era formar investigadores que la empresa luego podría contratar, realizar intercambios en materia de ID y definir modalidades para contar con asesores académicos en la propia empresa para efectuar desarrollos tecnológicos.<sup>17</sup> Cabe señalar que varios de los actuales investigadores del macroproyecto formaron parte de ese programa de asesores académicos en el plan IRSA-universidad, desde su origen.

Otro antecedente del macroproyecto es la Sociedad Polimérica, fundada en 1985, y que constituye el embrión de una comunidad científica. Ésta es resultado de un largo proceso iniciado en los años setenta. Los congresos bianuales de esta Sociedad fueron un espacio para la interacción de los investigadores en polímeros.

### El lanzamiento del macroproyecto

El Comité de Polímeros, creado en 1972 en el Conacyt, dependía de la Dirección Adjunta de Modernización Tecnológica, a cargo de Roberto Alexander-Katz a finales de los ochenta. El Comité se constituyó en un espacio de debate, donde se recogían las iniciativas sobre la vinculación universidad-industria y se proponían alternativas. En este entorno se analizó el papel del Conacyt, la relación de la universidad con la industria, las formas de apoyar el desarrollo científico en relación con el tecnológico. Se identificaron dos inquietudes básicas: definir áreas prioritarias en el campo de polímeros y decidir las formas de

15. Se deben mencionar, entre otros, el programa IMIQ-Conacyt-industria química, el programa de cátedras de la Facultad de Química de la UNAM; el plan IRSA-universidad; los convenios Condumex-UNAM; Condumex-IIM-UNAM; Condumex-UAM, así como otros varios más entre empresas grandes y la UAM; el intento de relaciones entre Celanese y la UAM; el programa de investigaciones conjuntas CYDSA-UANL; los programas de becas que mantienen varias empresas con universidades, como fue el caso, por ejemplo, de Celanese con la UDG y PYOSA e HYLISA con la Facultad de Química de la UANL.

16. R. Alexander-Katz, "Líneas de acción en el campo de polímeros", s.d.

17. Este programa lo organizó Juan Manuel Lemus con la asesoría de investigadores universitarios y con el impulso del entonces director de la empresa, Benito Bucay.

apoyo más apropiadas, en particular para la formación de recursos humanos y la investigación.

Fruto de esta reflexión, el Comité de Polímeros concibió a inicios de 1990 un concurso para financiar un macroproyecto. La convocatoria emplea esta palabra, y la idea esencial es la de un proyecto de gran magnitud que involucre a varias instituciones y a una o varias empresas, con un horizonte temporal de largo plazo (tres años). La convocatoria no precisa contenidos, se abre a todo el campo de polímeros, pero indica cómo se deben presentar las propuestas.

Cabe resaltar que la convocatoria permite resolver simultáneamente todos los problemas surgidos de las discusiones del Comité de Polímeros.<sup>18</sup> Es difícil que en la definición de políticas de ciencia y tecnología se consiga tal congruencia entre las necesidades identificadas en un comité de orientación, en este caso el de Polímeros, y las acciones ordenadas por el ente ejecutor de la política, o sea el Conacyt.

El Comité, bajo la apelación de áreas prioritarias, en realidad no las determinó, sino que fijó las reglas del juego y propuso un vocabulario claro para la convocatoria. Es decir, se formuló la doctrina general del Conacyt en cuanto a la forma del apoyo requerido para cumplir sus objetivos generales, expresados en el Plan Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica.

#### La selección del macroproyecto presentado por GIRSA

En el concurso (junio-septiembre de 1990) quedó en primer lugar el proyecto de Industrias GIRSA, por ser el más ambicioso, el que reunía un gran número de instituciones e investigadores y comprendía la temática más amplia y fundamental. En efecto, el tema de la "funcionalización de polímeros para aleaciones con plásticos de ingeniería vía extrusión reactiva" requería conocimientos multidisciplinarios de química, ingeniería, modelización, física y métodos analíticos diversos. Se necesitaban conocimientos de química de polímeros, teoría termodinámica, habilidades de caracterización química y física de los materiales, física de polímeros, reología y mecánica de fluidos.

Cabe señalar que el proyecto, aun cuando era manejado por una empresa, no se proponía resolver un problema específico de GIRSA, como era el caso de la propuesta de Condumex o de otros proyectos. Buscaba investigar sobre un tema novedoso, un método de producción desconocido en México y reciente en el mundo entero—la extrusión reactiva—y reunir capacidades científicas complementarias.<sup>19</sup> Sin embargo, GIRSA se compromete

18. Los problemas discutidos en el Comité se tomaron de los informes de R. Alexander-Katz durante su gestión al frente del Comité de Polímeros. Las soluciones sugeridas se tomaron de la convocatoria al macroproyecto publicada en 1990.

19. Es importante señalar que en ese momento en México se sabía poco sobre extrusión reactiva. Leonardo Ríos tuvo referencias en Francia de este nuevo proceso y se interesó teniendo en mente el área de negocios de plásticos de ingeniería de Industrias GIRSA. Algunos de sus investigadores tenían conocimientos por su participación en los desarrollos tecnológicos de Monsanto, que usaba extrusión reactiva. Otra clara señal de la importancia de esta área era la existencia de varias patentes que mencionaban procesos de extrusión reactiva. En un primer listado encontrado en la literatura (Tzoganakis, *Advanced in*

tía "orientar las líneas de investigación del proyecto hacia áreas de interés industrial".<sup>20</sup>

#### La evolución del macroproyecto

Se pueden identificar tres etapas en el desarrollo del macroproyecto. La de inicio corresponde al primer año de investigación. Cada grupo empezó a trabajar en su temática de especialidad y en el desarrollo de la infraestructura necesaria. Algunos investigadores empezaron a interactuar en subproyectos concretos.

Poco antes de comenzar las actividades del macroproyecto GIRSA decidió detener las actividades productivas en el área de plásticos de ingeniería. Así, repentinamente, el tema del macroproyecto, aplicar los métodos de funcionalización y la extrusión reactiva a los plásticos de ingeniería, se excluyó de la línea de negocios de GIRSA.

A partir de este acontecimiento se pensó en incluir nuevos materiales en las mezclas realizadas en el macroproyecto, de tal forma que aun fuera de interés para otros negocios de la empresa. En este sentido se identificó al ABS como un material con posibilidades de desarrollo tecnológico, así como un área productiva en la que las propuestas de funcionalizar y hacer extrusión reactiva seguían siendo válidas. Adicionalmente el negocio del ABS de GIRSA era uno de los mejores clientes del CID (Centro de Investigación y Desarrollo). Con la reorientación hacia el ABS se pretendía conciliar los intereses de la empresa con los objetivos del proyecto aprobado. Con tal fin se sugirió a los investigadores incluir el ABS en los materiales que estudiaban.

El segundo periodo se inició a principios de 1992 con el nombramiento de una coordinadora del macroproyecto. Ésta pidió a los grupos entregar informes semestrales y anuales, así como informar sobre resultados globales. Asimismo, se convirtió en un *gatekeeper* en materia de información: recogía y redistribuía la información a los equipos del macroproyecto. Incluso en algunos casos procuró orientar el trabajo de investigadores de la UNAM.

A principios de ese año, GIRSA decidió vender su unidad de producción de ABS ante la competencia potencial de General Electric. Así, el CID de GIRSA perdió a uno de sus mayores clientes. Este hecho, aunado a las dificultades financieras de la empresa, llevó a que el personal del CID se redujera a la mitad. GIRSA empezó a presionar con insistencia para que las labores del Centro se orientaran a investigaciones más instrumentales, relacionadas con los problemas de los negocios de la empresa.

Esta situación afectó nuevamente el interés de GIRSA por el macroproyecto y cerró uno de los principales mercados potenciales de algunos de los desarrollos iniciados a partir del ABS. Pese a estas dificultades, el CID mantuvo una vez más su compromiso con el macroproyecto.

El tercer y último periodo se inició en 1993, un año antes de la conclusión del macroproyecto, cuando se solicitó y obtuvo

*Polymer Technology*, 1989, pp. 321-330) se mencionaban unas 24 patentes de extrusión reactiva. En la actualidad hay más de 200 (Informe de Catalyst Consultant Inc., 1990).

20. Oficio de Joaquín Carreras a Asdrubal Flores, en el cual se presenta la propuesta de Macroproyecto de Resistol, 1990.

un apoyo adicional del Conacyt para comercializar algunos desarrollos tecnológicos del macroproyecto.

Es importante señalar que el Conacyt recibió bien el nuevo rumbo del macroproyecto, pues así se materializaba la idea de que los proyectos de investigación tecnológica de la universidad llegaran al mercado. El CID de GIRSA asumió el papel de empresario innovador al seleccionar las tecnologías y participar con las universidades en los desarrollos tecnológicos para transformarlos en productos.

No obstante, esta orientación, que parecía apropiada para el CID, no lo era en general para los investigadores universitarios, quienes argumentaron que el macroproyecto no se había pensado como un proyecto de desarrollo tecnológico, sino como un programa de investigación, de manera que lo más importante eran los productos académicos (artículos y ponencias en congresos) y la formación de recursos humanos. Consideraban que el papel de la universidad no era obtener desarrollos tecnológicos específicos, pues ello tocaba a la empresa. No se oponían a la idea de que se comercializaran algunos desarrollos, pero sí a plantearlo como un nuevo objetivo del proyecto y a que se les evaluara en esos términos.

En el informe anual del segundo período (redactado en enero de 1994) ya se establece claramente que todas las instituciones deben detectar oportunidades tecnológicas, "realizar estudios de factibilidad técnico-económica a nivel piloto de aquellos materiales que presentan propiedades 'insólitas' [y] patentar los descubrimientos relevantes del macroproyecto".<sup>21</sup>

En esta situación se replanteó el problema de la propiedad intelectual de los desarrollos del macroproyecto. GIRSA reafirmó su posición inicial de reconocerla a las instituciones académicas y se reservó la prioridad para adquirir aquéllos a precios de mercado.<sup>22</sup> GIRSA no tenía la exclusividad de los desarrollos, pero quería asegurar la primera opción sobre los que hubiera y las oportunidades de negocios.

En el marco del viraje hacia la comercialización, el CID detectó oportunidades tecnológicas e identificó posibles aplicaciones de los desarrollos realizados en cada institución.<sup>23</sup> En este esfuerzo se seleccionaron 18 mezclas poliméricas o compatibilizantes para numerosos usos en varias industrias: cosméticos, barnices y pinturas, productos químicos intermedios, plásticos, automovilística, para mencionar solamente algunas.

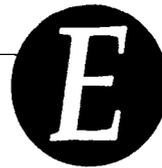
#### LA CONSTITUCIÓN DE UNA RED CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Como se señaló, el establecimiento de una red de investigación fue el logro principal del macroproyecto. Por ello, se analizan sus características más sobresalientes, su estructura, su funcionamiento y sus fortalezas y debilidades más relevantes.

21. Resumen de resultados del macroproyecto, segundo período, 1994.

22. La posición inicial de GIRSA se plasmó en un oficio de Joaquín Carreras a Asdrubal Flores, en el cual se plantea la propuesta de Macroproyecto de Resistol, 1990.

23. En gran parte esta labor la efectuó Sergio del Valle. La tabla detallada de las oportunidades está en el informe de investigación.



*El macroproyecto es típicamente lo que en sociometría se denomina una red "coherente", es decir, que todos los participantes están en contacto (aunque no de la misma forma y no por el mismo contenido)*

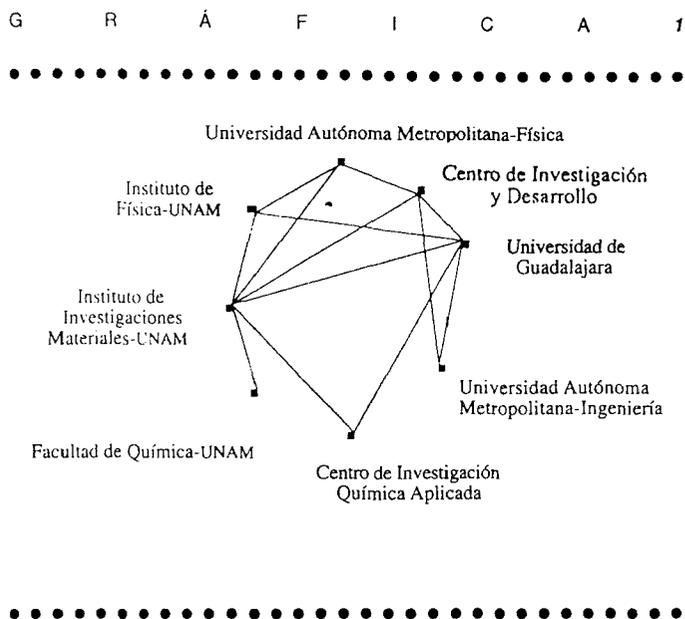
De entre los distintos tipos de redes en el medio científico,<sup>24</sup> el macroproyecto es una de colaboración científica que tiene un objetivo principal compartido, involucra a varias instituciones, desarrolla relaciones intensas, permite intercambiar conocimiento, tiene una coordinación administrativa y un financiamiento compartido. Esto significa que las relaciones no se limitan a intercambios de información o de opiniones sobre la forma de operar y planear la investigación. Los vínculos son mucho más importantes y profundos, pues atañen a la forma de producir conocimientos y orientarlos en una sola dirección.

Una de las características de las redes es que en ellas se construyen valores, creencias y prácticas comunes sin que haya necesariamente institucionalización.<sup>25</sup>

Incluye una identificación del material específico (por ejemplo, mezclas de copolímeros látex con PVGS) y sus posibles usos (por ejemplo, compatibilización para crear materiales con alta resistencia química).

24. Véanse las referencias de la nota 6. Asimismo, A. Arvanitis, *La relación incierta. Ciencia aplicada y desarrollo tecnológico en Venezuela*, Fondo Editorial Fintec-Monte Ávila, Caracas, 1995. En este último libro se mencionan los siguientes tipos de redes: a) de intercambio de información; b) de consulta científica; c) de colaboración científica; d) de instituciones científicas y de desarrollo tecnológico. Véase el informe de los autores, p. 25 y ss.

25. R.S. Burt, *Toward a Structural Theory of Action*, Academic Press, Nueva York, 1982. Han estado más atentos a este problema de la creación de valores compartidos los autores que estudiaron las redes de soporte y de vecindad más que las científicas, como B. Wellman y S.D. Berkowitz, *Social Structures: A Network Approach*, Cambridge University Press, 1988; L. Lomnitz, "Horizontal and Vertical Relations and The Social Structure of Urban Mexico", *Latin American Research Review*, núm. 17, 1982.



**La estructura del macroproyecto**

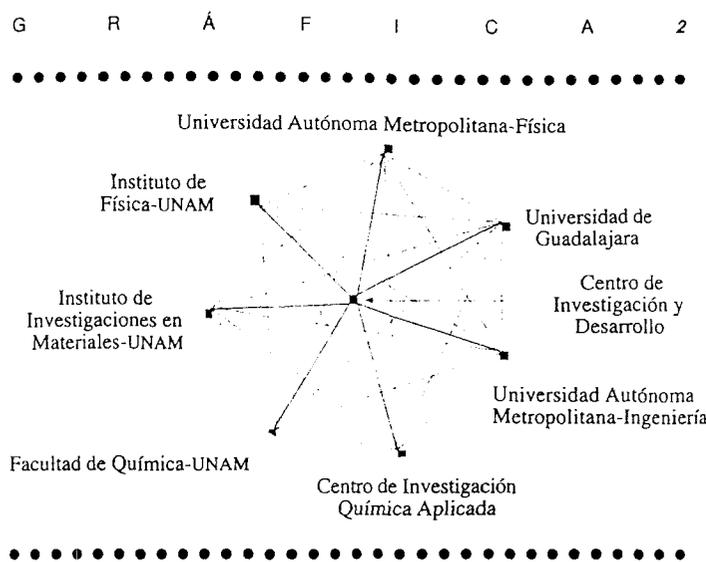
El macroproyecto es típicamente lo que en sociometría se denomina una red "coherente", es decir, que todos los participantes están en contacto (aunque no de la misma forma y no por el mismo contenido). Por esta razón muchas veces se llaman clubes. Es así que desde el punto de vista de la circulación de la información, todos los participantes están relacionados entre sí. Sin embargo, a partir de las entrevistas se comprobó que el flujo de información más importante se da con el CID de GIRSA.

Durante el macroproyecto se han generado proyectos conjuntos, entre investigadores e instituciones, para cumplir con los objetivos. Muchas veces éstas se relacionan de forma poco profunda mediante la asesoría, por ejemplo, de un estudiante. En otras ocasiones esta forma de vinculación puede ser muy intensa y tener consecuencias mucho más importantes en los desarrollos científicos; por ejemplo cuando se comparte un doctorante o un investigador entre el centro de investigación industrial y el académico. Otras veces se efectúan pruebas en un laboratorio, ya que los conocimientos y resultados de otro investigador son necesarios.

Si se dibujan estas relaciones estrechas de investigación (véase la gráfica 1), como las describieron los investigadores en las entrevistas, se obtiene una imagen de las articulaciones algo diferente de la red que se prefiguró usando únicamente el intercambio de información (véase la gráfica 2). En efecto, en términos de relaciones de investigación, no hay nexos entre todos los participantes.

**Funcionamiento de la red**

Por lo general las redes son descentralizadas (no toda decisión se toma en el centro de la red) y flexibles (pueden modificarse y evolucionar sin destruir el conjunto). El macroproyecto pre-



senta tales características, lo que hace pensar que tiene futuro como grupo, aun sin que conserve los mismos integrantes.

En efecto, la vigencia de una red reside en el compromiso de los participantes. El macroproyecto generó muchas expectativas entre los investigadores y un gran compromiso, en parte porque estaban conscientes de lo original de una experiencia como ésta.

La red ha funcionado con estilos de liderazgo diferentes en el plano académico y operativo. El primero se caracterizó por ser de aliento; es decir, hubo una fuerte relación entre el líder y los miembros del proyecto, pero no una orientación rígida para la ejecución de tareas.<sup>26</sup> El líder concibió la idea y en un principio estableció con claridad las metas sobre el tipo de conocimientos, pero con la libertad de definir el sendero de la investigación. El liderazgo operativo se caracterizó por una mayor "orientación", es decir, de estrecha relación entre el líder y los miembros y de presión para dar respuesta a las tareas administrativas.

Uno de los atributos fundamentales de la red es posibilitar flujos de conocimientos e información que difícilmente podrían alcanzarse por otros medios.<sup>27</sup> En algunos casos estos flujos se realizan por relaciones explícitas de colaboración o encargo. Otras veces son el resultado de contactos informales o la movilidad de personal. En el caso del macroproyecto se destaca tanto la circulación de muestras para pruebas (por ejemplo, con el microscopio electrónico), como la movilidad del personal, que cambió de adscripción institucional.

Esto último permite transmitir no sólo conocimientos técnicos sino también tácitos, asociados a la cultura institucional, las prácticas comunes, las experiencias y los valores. Esto, a su vez, hace posible mejorar las relaciones entre las instituciones. Además cabe señalar que hay un alto grado de permanencia de los investigadores en la red, lo que facilita la acumulación de conocimientos.

26. Pearson y Davis, "Leadership Styles and Planning and Monitoring Techniques in R&D", *R&D Management*, vol. 11, núm. 3, 1981.

27. C. Freeman, "Networks of Innovators: a Synthesis of Research Issues", *Research Policy*, vol. 20, núm. 5; L. Gelsing, "Innovation and the Development of Industrial Networks", en B.A. Lundvall, *op. cit.*

## LOS LOGROS DE LA RED

Sin duda, desde un punto de vista estratégico, el logro más relevante del macroproyecto fue el establecimiento de esta red científico-tecnológica que vincula a los investigadores académicos e industriales. Esto se debe a que trasciende el horizonte temporal del proyecto e incluso sus objetivos y se proyecta hacia el futuro en términos de la construcción del medio científico y tecnológico nacional. Esta apreciación la comparten los investigadores académicos e industriales que participaron en el proyecto.

Asimismo, es posible identificar logros tangibles e intangibles, muchos vinculados a la propia construcción de la red.

### Resultados tangibles: publicaciones y nuevos conocimientos

Más de 30 publicaciones científicas y más de 50 trabajos de tesis de licenciatura y maestría dan constancia del aporte del macroproyecto en término de conocimientos. Igualmente se han adquirido conocimientos más técnicos, como la fabricación de adhesivos ecológicos libres de solventes (a base de hules o poliolefinas funcionalizadas) o la extrusión reactiva del ABS con maleico para mejorar sus propiedades técnicas.

Sin embargo, más allá de esto, lo más importante parece haber sido el conocimiento de los métodos para funcionalizar todo tipo de resina, así como la posibilidad de modificar (funcionalizar) los materiales para mejorar sus propiedades.

### La identificación de complementariedades entre los investigadores

Las características de esta red, en la que participan investigadores de diferentes disciplinas y líneas de estudio, permiten generar complementariedades por medio del trabajo conjunto sobre un objeto de conocimiento común. En el caso del macroproyecto, el funcionamiento operativo (reuniones periódicas, presentación de avances, circulación de informes escritos, etc.) favoreció el desarrollo de un conocimiento mutuo de los campos de estudio y habilidades específicas de cada investigador. A partir de esto se organizó el trabajo y se generaron complementariedades en los proyectos realizados y se identificaron potencialidades.

### La creación de habilidades y capacidades científico-tecnológicas

Las habilidades y capacidades adquiridas por los integrantes de la red les permiten situarse en la frontera del conocimiento en procesos de extrusión reactiva, en compatibilización y funcionalización de polímeros.

Las habilidades individuales y colectivas permiten satisfacer las necesidades de una industria en rápida expansión: la de mezclas y aleaciones de polímeros. Adicionalmente se adquirió

*know how* en áreas que no estaban previstas en el proyecto inicial, como por ejemplo la microtomía.

Se adquirieron otras habilidades relacionadas con la forma de comunicar sus requerimientos a terceros. Éstas se relacionan tanto con la generación de conocimiento como con la gestión de la labor científica.

### La profundización de las relaciones de investigación intrainstitucionales

El macroproyecto permitió no sólo la interacción de instituciones sino también de grupos de investigación de una misma institución, lo cual genera sinergia de conocimientos dentro de ella y también permite consolidar proyectos institucionales de vinculación universidad-industria.

En este sentido, destaca la profundización de los vínculos dentro de la Universidad Autónoma Metropolitana, entre el área de polímeros del Departamento de Física y el área de ingeniería química del Departamento de Ingeniería en Procesos e Hidráulica, en torno a la construcción de una visión sobre la vinculación. En el caso de la UNAM, se establecieron relaciones entre la Facultad de Química y el Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) y entre éste y el Instituto de Física, más orientadas a proyectos específicos.

### Aprendizaje conjunto sobre la vinculación universidad-industria

La interacción de investigadores universitarios e industriales a partir de un proyecto conjunto de largo plazo propició el aprendizaje común sobre los alcances de la vinculación y las formas que puede adoptar, así como una visión común sobre el papel de la universidad y de la industria. Asimismo, se identificaron problemas de la relación entre actores con objetivos y dinámicas diferentes, y mecanismos para solucionarlos.<sup>28</sup>

### La generación de externalidades en beneficio del medio científico, tecnológico y productivo

Las habilidades y capacidades desarrolladas o adquiridas individual o colectivamente pueden compartirse con actores ajenos a la red. Gracias al macroproyecto se han generado externalidades<sup>29</sup> que permiten: definir nuevos proyectos conjuntos entre algunos grupos de integrantes de la red, no incluidos en el macroproyecto, satisfacer los requerimientos de empresas ajenas a la red que han solicitado desarrollos tecnológicos en polímeros.

28. R. K. Yin y G. B. Moore, *op. cit.*, con base en nueve estudio de caso sobre proyectos de investigación, ha mostrado que los proyectos con un amplio espectro de aplicaciones crean un vasto y continuo diálogo entre productores y usuarios del conocimiento.

29. Por externalidades, en el caso del macroproyecto, se entienden los beneficios obtenidos de éste y que puede aprovechar una población más grande que los participantes del mismo.

a partir de conocimientos e infraestructura adquirida en el marco del macroproyecto, etcétera.

#### LAS ENSEÑANZAS DE LA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-INDUSTRIA

Los logros tangibles e intangibles del macroproyecto lo erigen en un ejercicio exitoso de vinculación entre la universidad y la industria y de estructuración del medio científico y tecnológico en el área de polímeros. Por su alcance, amplitud temática y cantidad de instituciones participantes, generó amplios beneficios para la universidad, la industria y el Conacyt.

Los resultados no pueden dissociarse de la historia de la comunidad científica en polímeros, los esfuerzos institucionales orientados a la vinculación, particularmente por el Comité de Polímeros del Conacyt, la experiencia y visión de los investigadores académicos e industriales participantes, y la cultura tecnológica de la empresa participante.

En los países con tradición arraigada en ID y mayor actividad innovadora esta experiencia es más frecuente.<sup>30</sup> Sin embargo, en México constituye un proyecto ejemplar por la envergadura, la duración y el número de instituciones. La experiencia de tres años ha permitido extraer las siguientes enseñanzas sobre los proyectos de vinculación universidad-empresa.

1) En un proyecto de vinculación universidad-industria es necesario que los participantes tengan una idea clara del papel que desempeña cada uno en el desarrollo científico y tecnológico. Cada actor tiene tiempos y objetivos diferentes y cumple funciones distintas. Esto debe asumirse para que cada uno desempeñe su papel y no se generen expectativas imposibles de alcanzar.

2) La interacción de investigadores universitarios e industriales permite incrementar el conocimiento mutuo, crear nuevos canales de comunicación para el flujo de información y generar sinergia de conocimientos. Por este medio la industria puede manifestar sus necesidades, opiniones y expectativas para orientar y apoyar el desarrollo científico. La universidad tiene así una vía para conocer los problemas de la industria y emprender su solución desde el punto de vista de los conocimientos fundamentales. Asimismo, la universidad identifica temas de investigación y docencia con mayor efecto social y de mercado.

3) Para el académico es difícil pensar en las aplicaciones comerciales de sus desarrollos; esto requiere tener en mente un negocio. En este sentido, un investigador industrial está en mejor

30. Por ejemplo, en Japón hay tradición de formar pequeños grupos de investigación conjunta. Éstos se enfocan a problemas industriales, pero elaboran modelos teóricos, lo cual crea las condiciones para la investigación aplicada. T. Nakaoka, "Technological Capability Building in Developing Countries and Japan's Technological Cooperation", *Technology and Development*, núm. 6, 1993. En Francia, en los centros técnicos se conjuntan redes tanto científicas como tecnológicas. M. Callon, "L'état face à l'innovation technologique", *Revue Française de Science Politique*, vol. 29, núm. 3. De manera general, la política científica francesa ha intentado formalizar las redes largas que atraviesan varias instituciones y organismos (acciones concertadas, programas movilizados, programas nacionales, etc.). Véase R. Arvanitis, M. Callon y B. Latour, *op. cit.*

situación, ya que entiende la base científica de los desarrollos tecnológicos, conoce los negocios de su empresa y puede identificar oportunidades. Para esto es necesario que el investigador industrial interactúe con los académicos.

4) Una interacción fructífera de la universidad y la industria exige, por un lado, cierta capacidad tecnológica en la industria, particularmente investigadores dedicados a las actividades de ID que puedan actuar como enlaces entre el desarrollo científico y el tecnológico, y por otro, que en la academia se disponga de la suficiente acumulación de conocimientos científicos teniendo en mente la vinculación con la industria.<sup>31</sup>

En este entorno, los proyectos para obtener conocimientos fundamentales permiten generar un campo amplio de oportunidades tecnológicas, pero debe haber actores (investigadores industriales) que definan las trayectorias en función de mercados específicos. Si la empresa tiene investigadores en actividades avanzadas de ID y posee una cultura tecnológica que aprecia la vinculación como uno de sus mecanismos de adquisición de tecnologías, podrá identificar las oportunidades y efectuar innovaciones exitosas. En este caso se genera una suerte de círculo virtuoso del desarrollo científico y tecnológico, en el cual hay un importante flujo de retroalimentación.<sup>32</sup>

En el caso del macroproyecto, GIRSA pudo: i) extender los alcances de su ID con una inversión pequeña y tener acceso a un amplio rango de conocimientos y habilidades (orientados a las necesidades tecnológicas de su empresa); ii) conocer tempranamente los avances científicos y las oportunidades tecnológicas que surgieron y tener la ventaja de ser el primer usuario; iii) fogear a sus investigadores en un proyecto de largo plazo, pues en general el CID también resuelve problemas urgentes y puntuales de las empresas del grupo.

Sin embargo, como GIRSA cerró las plantas directamente interesadas en los resultados del proyecto no pudo aprovechar las potencialidades de éste en términos de aplicaciones industriales. Por ello el macroproyecto no tuvo usuarios directos.

5) Los proyectos de vinculación orientados a campos de estudio amplios, en cuanto a conocimientos fundamentales, de gran dimensión y con cierto perfil industrial, generan oportunidades tecnológicas que se constituyen en externalidades. El macroproyecto muestra dos tipos de éstas. Por un lado, la publicación de los resultados de la investigación, que pueden ser de interés para usuarios ajenos a la red. Por otro, se generaron capacidades que pueden utilizarse para otros fines académicos y productivos. En este sentido, los beneficios sociales del macroproyecto

31. Esto es congruente con la idea de la complementariedad entre la infraestructura de ID de la universidad y de la industria. Véase M. Bell, y K. Pavitt, "Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries", *Industrial and Corporate Change*, vol. 2, núm. 2, 1993. D.C. Mowery, "The Relationship Between Intrafirm and Contractual Forms of Industrial Research in American Manufacturing, 1900-1940", *Explorations in Economic History*, núm. 20, 1983; W. Cohen y D. Levinthal, "Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation", *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, núm. 1, 1990, pp. 128-152.

32. Sin embargo, hay ciertas reticencias sobre la posibilidad de las empresas para aprovechar de manera eficiente la investigación que no se realiza internamente. D. Teece, "Technological Change and the Nature of the Firm", en G. Dosi *et al.* (ed.), *op. cit.*



*Los logros tangibles e intangibles del macroproyecto lo erigen en un ejercicio exitoso de vinculación entre la universidad y la industria y de estructuración del medio científico y tecnológico en el área de polímeros. Por su alcance, amplitud temática y cantidad de instituciones participantes, generó amplios beneficios para la universidad, la industria y el Conacyt*

son superiores a los que surgen de consideraciones costo/beneficio de los miembros de la red.

6) La generación de conocimientos sin aplicación inmediata en la producción, y aun la redundancia de los mismos, ofrece a la industria un abanico más amplio de oportunidades tecnológicas y genera versatilidad para adaptarse rápidamente a los cambios tecnológicos imprevistos.<sup>33</sup>

7) La universidad se interesa en estos proyectos de vinculación de largo plazo en la medida en que aborden conocimientos fundamentales y de vanguardia, pues de esa manera los universitarios tendrán mayores posibilidades de obtener productos de su investigación con reconocimiento internacional.

8) Los proyectos de vinculación tienen problemas de propiedad intelectual asociados a: a) el papel de cada actor en el desarrollo científico y tecnológico, b) las posibilidades de apropiabilidad social de los conocimientos científicos, c) la ausencia de un límite preciso entre el desarrollo de tecnologías genéricas y específicas, y d) las dificultades para identificar a un solo autor intelectual de un desarrollo tecnológico. Deben establecerse reglas claras desde el inicio. De otro modo se limita la interacción de investigadores universitarios e industriales, ya que el conocimiento no fluye.

33. Una elaboración más completa sobre estos dos aspectos particulares se encuentra en R. Arvanitis, L. Leonardo Ríos Guerrero, S. del Valle y G. Dutrénit, "El vínculo universidad-empresa: ¿ciencia pública o ciencia privada?", ponencia en el XX Congreso Latinoamericano de Sociología, México, 2 a 6 de octubre de 1995. Varios autores mencionan la aparición de tipos de investigación que son a la vez básicas y aplicadas. Callon y Laredo proponen que estas investigaciones se denominen tecnológicas básicas porque tejen estrechas relaciones entre lo tecnológico y lo científico. P. Laredo y M. Callon, *L'impact des programmes communautaires sur le tissu scientifique et technique français*, La Documentation Française, París, 1990, en particular pp. 168-170. En áreas como los polímeros, donde predominan estos vínculos, es más necesaria la generación de conocimientos sin usos inmediatos pero muy enfocados a las tecnologías que manejan las empresas involucradas en la ID.

9) La incorporación a la industria de recursos humanos con amplia preparación es una vía para fomentar la vinculación (desde el lado de la industria), generar capacidades de investigación en las empresas y traducir necesidades industriales en demandas de investigación para la universidad.

10) Las características y debilidades del marco institucional mexicano para la innovación determinan que el éxito de los proyectos de vinculación dependa en gran parte de las personas que participan más que de las instituciones.

Estas enseñanzas no son muy diferentes de las de otros países con mayor experiencia en la vinculación. Por ello, muchas de las prescripciones de política son aplicables en México. Más aún cuando en este caso también es necesario elaborar una política de vinculación entre los actores de la innovación.

Este tipo de proyecto: a) es un mecanismo de política que contribuye directamente al desarrollo de la ciencia y la tecnología, a la estructuración del medio científico-tecnológico y a la acumulación de capacidades; b) permite un aprendizaje conjunto de los actores; c) puede contribuir a la creación de una base de conocimientos necesarios para sostener una posición competitiva de la empresa en el entorno de un cambio tecnológico acelerado, y d) permite a la universidad compenetrarse de los problemas de la industria y actualizar la formación de los recursos humanos.

El macroproyecto ha logrado aunar el esfuerzo de varias instituciones e investigadores en un área específica vinculada a problemas industriales. La participación de GIRSA ha permitido esta orientación, pero necesariamente la ha acotado a sus intereses de negocios. Los resultados tangibles e intangibles del macroproyecto hacen deseable la participación de más empresas, lo que permitiría generar complementariedades entre ellas, incrementaría las oportunidades para la aplicación industrial y reduciría los riesgos de tener un solo usuario directo para los conocimientos generados. En este sentido, corresponde a organismos como el Conacyt impulsar el trabajo de concertación y coordinación para involucrar a más empresas en este tipo de proyectos, de forma que se amplíen los conocimientos para aplicaciones industriales. (2)

# comercio exterior

VOL. 46, NUM. 10, OCTUBRE DE 1996

Publicación mensual editada por la Gerencia de la Revista Comercio Exterior del Banco Nacional de Comercio Exterior.

## COMITÉ EDITORIAL

Juan Pablo Arroyo Ortiz  
Carlos Bazdresch Parada  
Javier Beristain Iturbide  
Arturo Fernández Pérez  
David Ibarra Muñoz  
Mario Ojeda Gómez  
Gustavo Romero Kolbeck  
Francisco Suárez Dávila  
Homero Urías Brambila

## GERENCIA DE LA REVISTA

### COMERCIO EXTERIOR

#### Gerente

Homero Urías Brambila

#### Subgerentes

Rafael González Rubí

Sergio Hernández Clark

#### Redacción e información

Alfredo Castro Escudero, Alma Rosa

Cruz, Alicia Loyola Campos, María

Antonieta Pérez, Agustín Ruiz Soria,

Antonio Salinas Chávez, Alfredo Salomón

#### Edición

Enrique Pérez Vera

Ma. Esther Jacques Medina, Pilar Martínez

Negrete Deffis, Miguel Ángel Ramírez

#### Distribución

Angélica González C., Leticia Martínez

#### Servicios secretariales y de apoyo

Antonia Cardona Reyna, Elizabeth

García Tinajero, Alfredo González,

Ángeles Marín Ancona

#### Asesores

Emilio Alanís Patiño, Jorge Eduardo Navarrete

*Comercio Exterior* es una publicación abierta al debate. Admite, por tanto, una amplia gama de ideas que no coinciden necesariamente con las del Bancomext. La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus autores y no de la institución, excepto cuando se indique lo contrario.

Pueden reproducirse materiales mencionando la fuente. En libros de distribución comercial se requiere autorización de los autores y de *Comercio Exterior*. El Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C., se reserva el derecho de difundir por medios magnéticos o fotográficos el contenido de la revista. Impresa en Imprenta Ajusco, S.A. de C.V. José Ma. Agreda y Sánchez 223, 06820 México, D.F. Autorizada como publicación periódica por el Servicio Postal Mexicano (Sepomex) con el número de registro 010 1062. Distribuida por Sepomex, Netzahualcōyotl núm. 109, Centro, 06080 México, D.F. Características: 218421108. Certificados de licitud de título (núm. 1193) y de contenido (núm. 657) expedidos por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas el 2 de julio de 1981. Número de Reserva de Título: 248/78. Aparece el último día de cada mes. Publicación gratuita. Gerencia de la Revista *Comercio Exterior*, Camino a Santa Teresa 1679, piso 8, Jardines del Pedregal, 01900 México, D.F. Tels.: 327 6220 y 327 6000, exts.: 6655 y 6565; fax: 327 6214. Correspondencia: A.P. 21 258, 04100 México, D.F.

Internet: telnet redco.ucoi.mx; login: gopher;  
password: gopher.  
e-mail: 74173.1447@compuserve.com

ISSN-0185-0601

## 771 PRESENTACIÓN

Arturo Lara Rivero

Según señala el coordinador del número, los artículos pretenden identificar el cambio tecnológico en algunos sectores y empresas, sugieren formas para acumular y construir capacidades tecnológicas y cuestionan la necesidad de integrar de manera flexible regulaciones ambientales que alienten el aprendizaje y el cambio tecnológico.

## X 774 / AMBIENTE, TECNOLOGÍA E INSTITUCIONES: EL RETO DE UN NUEVO ORDEN COMPETITIVO

Roberto M. Constantino

En este artículo se analizan algunos de los vínculos que se establecen entre los fenómenos de deterioro ambiental, el cambio técnico y el desempeño institucional en México. A partir de los resultados preliminares de la Encuesta de los Mercados de Tecnología Ambiental en México, se destacan las características tecnológicas disponibles en México, así como su relación con la competitividad y los modelos institucionales de gestión ambiental.

## X 785 ORGANIZACIÓN, APRENDIZAJE E INNOVACIÓN EN LA EMPRESA: UN ESTUDIO DE CASO

Juan Manuel Corona A.

Se analizan las relaciones entre organización, flujos de información, aprendizaje tecnológico y actividad innovadora en la empresa. Se estudia una empresa del sector de aparatos de medición y control. Se argumenta que los flujos de información regulares e intensos propician un mayor aprendizaje tecnológico y por ende mayor actividad innovadora en las empresas.

## X 795 JAPÓN: GLOBALIZACIÓN Y CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA ELECTRÓNICA DE CONSUMO

Arturo Lara Rivero, Marco Jaso Sánchez y Luis Baca Prieto

El objetivo de este trabajo es examinar las fuerzas económicas y tecnológicas que han impulsado la globalización de las empresas japonesas fabricantes de televisores. A juicio de los autores, los factores principales de este proceso son el cambio tecnológico, el incremento de las restricciones comerciales y la apreciación del yen y sus efectos en los salarios.

## X 808 LA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA EN UN MACROPROYECTO DE POLÍMEROS

Gabriela Dutrénit, Rigas Arvanitis et al.

La reciente tendencia a estudiar el cambio tecnológico desde un punto de vista sistémico ha llevado a destacar las articulaciones entre los agentes que componen los sistemas nacionales de innovación. Particular interés ha tomado el estudio de las experiencias de vinculación entre las universidades y las empresas. En este trabajo se analiza un proyecto de investigación de esta índole en el área de funcionalización de polímeros. Su mayor logro ha consistido en crear una red de colaboración entre la mayoría de los investigadores del país en esta materia.