

## Laboratorios y experimentos Democracia y política en la investigación industrial

HEBE VESSURI pp. 73-95

### Resumen

En América Latina la actividad científica experimental local con frecuencia pasa desapercibida. El desinterés por la vida del laboratorio parece obedecer a razones que no son ajenas a ciertas estructuras intelectuales, sociales y tecnológicas generalizadas en la investigación tecnocientífica en el último medio siglo en países con ciencia avanzada, y toda la escala de fenómenos sociales que rodean y dan entidad a esa ciencia, estableciendo índices de viabilidad que impiden una transferencia fácil de conceptos a otros contextos, como los latinoamericanos. A menudo se supone que algunas ideas sólo pueden surgir de ciertas formas de colaboración internacional. En el presente trabajo se discute la contingencia y el determinismo en la investigación industrial, se revisa el ejemplo de la Orimulsión como desarrollo tecnológico nacional en relación con la noción de comunidades de práctica tecnológica y se discute la distinción entre *policy* y *politics*, argumentando que las decisiones básicas respecto a la I+D industrial son políticas.

### Palabras clave

Laboratorios y experimentos / Investigación industrial / Contingencia / Orimulsión / Política científica y tecnológica / I+D

### Abstract

In Latin America the local experimental scientific activity is often invisible. Lack of interest for the life of the laboratory seems to obey to reasons that are not alien to some generalized intellectual, social and technological structures in techno-scientific research during the last half century in countries with advanced science, and a whole range of social phenomena that surround and give entity to that science, establishing viability indexes that prevent an easy transference of concepts from those contexts to the Latin American ones. It is often assumed that some ideas can only emerge from certain forms of international cooperation. In the present paper the contingency and determinism of industrial research is discussed, the example of Orimulsion is revised as a national flagship technological development in relation to the notion of technology practice communities, and the distinction between policy and politics is debated, arguing that basic decisions about industrial R&D are political.

### Key words

Laboratories and experiments / Industrial research / Contingency / Orimulsion / Science and technology policy / R&D

### Experimentos y laboratorios

Hoy es un lugar común afirmar que el experimento es una de las marcas distintivas de la ciencia, después que en las últimas décadas hubo un gran interés entre los estudiosos de la ciencia por develar las razones para que esto sea así (Gooding, *et al.* 1989). No se exagera demasiado cuando se describe al «experimento» como una institución científica. La creación y desarrollo de una forma de trabajo experimental ha sido uno de los rasgos institucionales centrales de la moderna tecnociencia. El cuerpo cada vez mayor de estudios sobre experimentos y disciplinas experimentales refleja esa evolución. La temática de los laboratorios se ha vuelto clásica en la historia y sociología de la ciencia y la tecnología recientes. Como partimos del supuesto de que la ciencia, la política y el orden social han sido producidos simultáneamente a través de procesos de negociación y la creación de significado en interacciones sociales específicas (Jasanoff, 1994; Latour, 1987) no tenemos alternativa sino concentrarnos en la trama de esfuerzos humanos, dentro y fuera de los laboratorios, que resulta en conocimiento científico en sus vertientes disciplinarias o interdisciplinarias.

Las ciencias de laboratorio «típicas» son aquellas cuyas pretensiones de verdad responden principalmente al trabajo realizado en el laboratorio. Estudian fenómenos que rara vez o nunca ocurren en un estado puro antes de que las personas los pongan bajo observación y experimentación sistemáticas. Exagerando un poco, Hacking (1992) dice que los fenómenos bajo estudio son creados en el laboratorio: se usan equipos en condiciones de aislamiento para interferir con el curso del aspecto de la naturaleza que está bajo estudio, en la búsqueda de un mayor conocimiento, comprensión y control de tipo más general o generalizable. En este sentido, la idea del «laboratorio» es más restringida que la de experimento. Muchas ciencias experimentales no son lo que llamaríamos ciencias de laboratorio. Es posible hacer experimentos en el campo sin que se puedan reproducir allí las condiciones perfectamente mensurables y controlables del laboratorio.

Los estudios sobre etnografía de los laboratorios, sin embargo, han mostrado que experimento y laboratorio están estrechamente vinculados. En particular, los laboratorios académicos revelan ser parte de estructuras sociales y políticas; típicamente «pertenecen» a investigadores individualizados y proporcionan objetivos de carrera ligados a la idea de «dirigir el laboratorio propio», suelen ser identificados por sus líderes y constituyen la tarjeta de presentación de muchos científicos maduros y un patrón de medida de carreras científicas exitosas. Los experimentos, en cambio, tienden a tener menos entidad y suelen aparecer disueltos en el procesamiento de actividades, algunas de cuyas partes son ocasionalmente reunidas con fines de publicación. Hacking fue uno de los primeros autores en años recientes en llamar la atención sobre la importante porción de conocimiento experimental que permanece en el tiempo en las ciencias de laboratorio, modificado pero

no refutado, reelaborado pero persistente, raramente reconocido aunque se da por supuesto. Pareciera que ha habido una preferencia de los sociólogos de la ciencia a concentrarse en los laboratorios, mientras que los historiadores y filósofos de la ciencia han hablado más de experimentos (Knorr-Cetina, 1992).

Entre otras cosas, la concentración del foco de atención en los laboratorios permitió considerar la actividad experimental en el contexto del equipo y las prácticas simbólicas en las que se ubica la actividad científica, como alternativa a las preocupaciones sociológicas tradicionales que enfatizaban el estudio de las organizaciones científicas, sin obviar a estas últimas, que últimamente han venido adquiriendo renovada prominencia (Merton, 1973; Whitley, 1984). Además, se ganó claridad respecto al hecho de que en las ciencias de laboratorio los laboratorios individuales están situados en un paisaje socioinstitucional en el que hay también otros laboratorios, y es sobre este paisaje que dejan su impronta. De este modo, se pudo apreciar que la noción de laboratorio, tal como se maneja en la sociología de la ciencia, permite *enfocar un mundo* en el cual los laboratorios individuales son «sitios» y que ese mundo se extiende mucho más allá de los límites de los laboratorios individuales. Es decir, el laboratorio individual no es un espacio totalmente autónomo. Los experimentos no los hacen completa y exclusivamente los científicos (con la ayuda de uno o más técnicos) en un laboratorio. Más bien, los investigadores se apoyan en otros investigadores e investigaciones, de los que extraen y obtienen componentes de su trabajo. Estas piezas pueden provenir del interior del laboratorio estudiado, pero a menudo también llegan de otros laboratorios. Los resultados tienden a ser logros compuestos y ensamblados.

Los experimentos son visualizados como componibles en pedazos cognoscitivos, los cuales corresponden a resultados de diversas etapas de procesamiento del conocimiento. Esos diferentes fragmentos de trabajo son transferibles como registros escritos o visuales; viajan entre o dentro de laboratorios. Toda una gama de intercambios en especie existe entre ellos, y las variadas formas de retribución formal e informal se expresan en vínculos de camaradería y amistad, además de los propiamente comunicacionales que corresponden a los resultados científicos. Dichos intercambios se dan entre laboratorios en el país y con laboratorios del exterior. A veces se trata del uso de aparatos; otras, del análisis de muestras o la corrida de experimentos, el regalo de reactivos o de una pieza de equipo, cuando no de resultados *calientes* o que quedaron engavetados en la memoria individual o colectiva de un grupo o laboratorio de investigación. Como a menudo las respectivas piezas de investigación se consiguen a través del mecanismo de *intercambio de presentes* (cf. Mauss, 1954), más que por medio de las colaboraciones formales indicadas por la autoría compartida, el grado de «ensamblaje» corporizado en los productos de investigación y el grado de tráfico sobre el cual estos productos son construidos no son necesariamente aparentes a partir de las publicaciones (Knorr-Cetina, 1992).

Una perspectiva de análisis se concentra en el conjunto de interacciones y restricciones que supone el anclaje de la actividad de investigación en el nivel institucional, incorporando los recursos culturales, políticos y administrativos que intervienen en el mismo. Esta perspectiva permite observar de qué manera orientan su trabajo los distintos grupos *como asuntos organizados* y revisar algunas de las habilidades y prácticas que despliegan para gestionar la organización social de su trabajo en colaboración. Se acepta rutinariamente que el éxito o el fracaso del trabajo depende con frecuencia de la manera como se organiza su realización. Grupos ubicados en contextos organizacionales e institucionales diferentes, universitario o industrial, por ejemplo, requieren entender las formas de trabajo de las respectivas organizaciones y su capacidad derivada de encontrar el camino en las divisiones de trabajo, los sistemas supervisorios, los canales comunicacionales e informacionales y los mecanismos para la toma de decisiones que figuran prominentemente en esas modalidades de trabajo. El ambiente organizacional —específicamente en términos de sus formatos de organización de proyectos— proporciona la fuente, el medio de captar y las soluciones de los problemas cotidianos de los investigadores. La manera como enfocan sus problemas de investigación despliega, por tanto, el entramado de la viabilidad técnica y organizacional.

Las características de la investigación en las instituciones académicas contrastan en conjunto con las del medio industrial. La envergadura de los proyectos suele ser mayor en este último contexto. El investigador universitario tiende a percibirse como un individuo con su idea particular, situado *en* la organización más que trabajando *para* la misma. En el caso de la investigación académica, la elección de temas de investigación y el desarrollo de los mismos suelen pasar por muy pocas instancias formales de decisión, usualmente vinculadas a la disponibilidad de espacio y cuanto más de un subsidio individual a menudo obtenido en concurso público. Cuando se analizan los diferentes grupos académicos, se aprecia que presentan una diversidad de situaciones notables en la división interna del trabajo, y en general en las formas como el ambiente organizacional favorece u obstaculiza su actividad investigativa. La libertad de cátedra se traslada al campo de la investigación, y ello resulta en una dispersión o multiplicación temática a menudo criticada como poco eficaz. Sin embargo, puede verse que esa misma multiplicidad temática estimula la captación y desarrollo de vocaciones nuevas entre los estudiantes (Vessuri, 1995b).

En el caso de los grupos de investigación en contextos industriales, en cambio, es necesario tomar en cuenta la estrategia corporativa, su estructura, la organización del trabajo en equipo y el conocimiento. Para que la investigación y desarrollo (I+D) se convierta en una fuente poderosa de innovación se requiere un contexto estratégico en el cual pueda usarse el conocimiento. Los investigadores tienen su espacio físico e intelectual en la industria, pero al mismo tiempo su trabajo está ligado a las necesidades de la firma.

En este espacio organizacional, los gerentes de investigación desmenuzan problemas complejos en tareas más pequeñas y rutinarias que son encargadas a equipos de trabajo, los que suelen pasar de objetivos prácticos a controversias y a nuevos enfoques teóricos y prácticos, hasta finalmente llegar a un resultado en un curso zigzagueante. No hacen investigación académica «pura», sino que emprenden un programa de investigación que mezcla la libertad creadora con necesidades prácticas.

Mientras que a menudo se celebran la libertad creadora y los aspectos «puros» de la I+D, el éxito de la misma, no obstante, depende a menudo de que investigadores y gerentes logren un equilibrio delicado entre creatividad y «practicalidad» (Carlson, 1997). Así se encuentra investigadores satisfechos o frustrados según cómo se manejen y valoren las formas de organización interna del trabajo, la relación entre las jerarquías técnicas y administrativas, y cómo logren moverse en las estructuras formales e informales de la empresa. Las virtudes de los organigramas complejos pueden chocar con dificultades de comunicación entre grupos dentro de la misma institución, que están ubicados en torno a proyectos o líneas de investigación diferentes y que, en aras de la eficiencia productiva, pierden la posibilidad de la fertilización cruzada de ideas. Es decir, el caudal de conocimientos colectivo que tiene una empresa puede encontrar trabas para su aprovechamiento óptimo. Cuando logran superarse esas barreras, se dan cruces generalmente fructíferos entre grupos previamente separados.

En América Latina son todavía pocos los estudios sociales que analizan la vida de las ciencias de los laboratorios en cualquiera de los dos contextos (Arellano, 1999; Kreimer, 1997; Vessuri, 1997b, 1999). En buena medida, la actividad experimental pasa socialmente desapercibida en tanto que actividad «situada» localmente. Se ha argumentado, para otros contextos, que el descuido del experimento es sintomático de un prejuicio en contra de la actividad práctica y a favor de los actos del habla (Gooding *et al.*, 1989:xiii). Sin embargo, las formas como en la región se da el desinterés por la vida del laboratorio parecieran obedecer a razones que no son ajenas a la idea de que ciertas estructuras, elaboradas a lo largo de un período prolongado, fijan límites a las posibilidades de la investigación científica. Las estructuras intelectuales, sociales y tecnológicas generalizadas en la investigación tecnocientífica durante el último medio siglo en países con ciencia avanzada, y toda la escala de fenómenos sociales que rodean y dan entidad a esa ciencia, han establecido índices de viabilidad de tal magnitud como para impedir una transferencia fácil de conceptos acerca de la investigación y la sociedad derivados de esos contextos a otros, como los latinoamericanos. Se supone a menudo que algunas ideas deben ser precedidas por otros logros intelectuales y avances tecnológicos estratégicos, o que sólo pueden surgir de ciertas formas de colaboración internacional.

### **Contingencia y determinismo en la investigación industrial**

Los laboratorios industriales son el sitio clásico para la creación de nuevos productos y procesos tecnológicos a través del uso de métodos y teorías científicas. Esa creación o construcción es influenciada por intereses corporativos y un conjunto variado de *stakeholders* en la sociedad más amplia. El análisis social de procesos innovadores en la investigación industrial ya tiene tras de sí una larga y nutrida tradición. Preguntas que llaman la atención en relación con su actividad son: ¿cómo se toman las decisiones en la investigación industrial innovadora?; ¿qué elecciones entre cursos de acción posibles llevan a la innovación?; ¿es que hay opciones o la tecnología tiene un desarrollo técnico necesario y único?

Latour (1987) recomienda seguir el rastro de los científicos e ingenieros, estudiar las estrategias de los actores de la investigación. Entre éstas están la astucia (o suerte) que conduce al dominio de conocimiento científico y técnico que es local e internacionalmente escaso y por tanto valioso; la visión necesaria para aplicar el saber hacer de maneras novedosas; la habilidad para proteger el saber hacer escaso que se controla para aumentar su valor de cambio; la experiencia del aprendizaje temprano; una dosis de oportunismo en el establecimiento de colaboraciones con otros grupos en distintos lugares clave; el equilibrio entre el saber hacer especializado y las habilidades generalizadas de alto nivel.

Además, se pueden considerar con provecho los diferentes estilos de trabajo experimental, que incluyen motivaciones, creencias, gustos y comportamientos individuales de los investigadores, los cuales pueden ser analizados en aspectos tan variados como la selección del problema, e inclusive de la teoría, procedimientos experimentales específicos, el uso de algunos tipos de aparatos experimentales y no de otros, tradiciones cognoscitivas de la especialidad y formas de organización del trabajo de laboratorio. Un trabajo pionero sobre esta temática que abrió todo un ámbito nuevo de investigación social e histórica es el de Harwood (1993). En una línea parecida de preocupaciones, incursionamos (Vessuri, 1995a) con un grupo de colegas en la temática de los estilos de investigación, en un seminario coordinado por R. Cardoso de Oliveira (Universidad de Campinas, 1995), que dio lugar a un libro (Cardoso de Oliveira y Ruben, 1995).

En todo caso, no debemos perder de vista que los actores directamente envueltos en la investigación de laboratorio son sólo el último eslabón decisivo en un proceso mucho más complejo, a veces de enorme envergadura, del que la investigación industrial forma parte. Así, pues, no podemos olvidar que la investigación en el laboratorio industrial, además de las estrategias de los investigadores y de los estilos de investigación, comprende factores con mucho poder, envueltos en la producción y consumo cultural de la tecnología. Quizás es aquí donde yace la contradicción entre el entusiasmo con el cual los estudios sociales de la ciencia y la tecnología de los últimos treinta años han enfatizado las nociones de *contingencia y construcción social de la tecnología*—mostrando la existencia de múltiples fuentes de innovación, numerosos puntos de ramificación de las trayectorias y negociaciones

continuas entre grupos sociales— y la imagen de imperativo tecnológico que resulta de muchas de las acciones y estrategias de hiper-empoderamiento de grandes organizaciones, que argumentan que «no hay alternativa tecnológica» posible, mientras hacen todo lo posible para suprimir potenciales alternativas.

Cuando los sistemas tecnológicos crecen en tamaño, complejidad y fuerza, con frecuencia adquieren *momentum*, para usar el término de Hughes (1987), se insertan profundamente en la sociedad, y de esa manera se vuelve extremadamente difícil dejarlos de lado o descartarlos. Fuerzas políticas poderosas —tanto gubernamentales como corporativas— significan a menudo que la elección democrática es efectivamente restringida. Sin embargo, la posibilidad de elección no está eliminada. La sociedad tiene la posibilidad de elección; pero es una elección que debe ser ejercida con fuerza y temprano o en el interior de un proceso dado de toma de decisiones tecnológicas. El mundo técnico, es claro, está permeado desde el inicio por lo social, al punto que se puede hablar de hechos y procesos *sociotécnicos*. Los corolarios que se desprenden de esta constatación son que: a) si las elecciones son posibles, se las puede identificar y analizar; b) si las elecciones reflejan intereses y relaciones de poder debiéramos poder identificar a los actores en posición de influir en la toma de decisiones. De esta manera la investigación industrial, incluso en el nivel del laboratorio, puede ser entendida como una sucesión de elecciones y decisiones entre diferentes opciones.

### **Nichos de investigación**

Entre las elecciones que se hacen en el laboratorio hay períodos de continuidad en los que la definición del problema y los objetivos del proyecto no cambian (*nichos*). El nicho de investigación puede entenderse como el ámbito de trabajo correspondiente a la *ciencia normal*: es el resultado de las negociaciones entre diferentes actores involucrados respecto a lo que ven como problemas más relevantes a ser resueltos para continuar el proyecto. Los científicos del laboratorio trabajan en un problema acordado conforme a reglas científicas aceptadas y procedimientos y estándares científicos. La percepción de los posibles mercados, aplicaciones, estrategias corporativas, etc. se acepta como una constante. Obviamente el nicho no es eterno. Tiene un comienzo y un fin. Cuando se trabaja en un nicho de investigación en el laboratorio industrial, en la práctica se tiene un *problema dominante*. Es decir, el hecho mismo del nicho supone la estabilización de un problema, el cual funcionará como exclusivo durante la operación del nicho. El problema dominante se da en el marco de una línea de investigación que se adelanta en el laboratorio. Siempre es válido preguntarnos por qué se elige una línea y no otra, ya que siempre hay otra u otras líneas de acción posibles. A posteriori, en la reconstrucción de un proceso de investigación suele observarse que el surgimiento de un problema dominante supone una relación de poder entre los actores, determinado por el diferencial de recursos, los intereses envueltos

y la fuerza de cada quién. Es decir, que la línea de investigación también es resultado de un proceso de negociación entre actores, y está directamente ligada a la capacidad de liderazgo o de presión de la persona o personas responsables del laboratorio. En la medida en que se defina un problema dominante, se irá estabilizando la línea de investigación que se caracteriza por ese problema.

¿Cuándo se termina un *nicho de investigación*? Cuando se habla de un «nicho» protegido de trabajo en relación con la actividad de investigación industrial, se espera que el mismo cambie en una de cinco circunstancias diferentes:

- a) Éxito. La actividad de investigación que se desarrolla en el laboratorio llega a un resultado favorable y se logra la innovación buscada.
- b) Fracaso. Puede darse el caso de que la definición del problema estaba equivocada o que los componentes no respondan a la expectativa del proyecto y la iniciativa falla, con abandono del proyecto.
- c) Cambio de problema. A veces las fallas dan pie para un cambio de orientación, sea en la definición del problema, sea en procedimientos de investigación o en las variables consideradas. El problema cambia pero se sigue trabajando en el nicho de investigación.
- d) Cambios en el ambiente de la firma. Los cambios pueden ocurrir dentro del laboratorio (cambia el jefe o algún investigador clave) o fuera del mismo, en el ambiente de la firma, porque cambian las prioridades, por ejemplo
- e) Cambios en la organización de la firma. También puede haber cambios en la organización misma de la firma que tienen consecuencias para el nicho.

Se habla, asimismo, de un *evento de investigación crítico* con referencia a los momentos en que resulta obligante tomar decisiones sobre el curso a seguir, a las encrucijadas que pueden llevar a la redefinición o incluso al abandono del proyecto. Las decisiones que se tomen resultan igualmente de negociaciones entre diferentes actores ligados al proyecto. Si se supone que no hay un determinismo tecnológico que haga inevitables ciertos cursos de acción, entonces podremos aceptar la naturaleza contingente de los procesos sociotécnicos. Y así se volverá posible verificar que lo que importa, más que si en verdad el evento es crucial o no, es que los actores envueltos lo perciban como crítico. Las presiones económicas y/o tecnológicas existen y tienen importancia principal. Ellas contribuyen a visualizar el trabajo de investigación industrial, como todo proceso de investigación, como una actividad en la que tienen gran peso la contingencia y la subjetividad en la toma de decisiones. En síntesis, se puede entender el concepto de línea de investigación como un

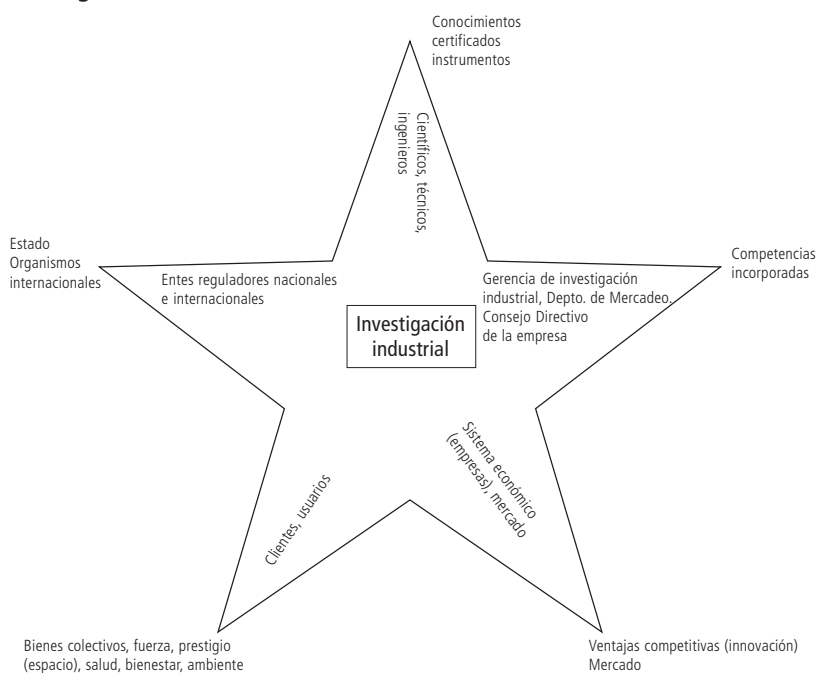


proceso continuo de puntos de *decisión* y de cursos de *estabilización* a lo largo del mismo. Estamos, por tanto, refiriéndonos a un modelo dinámico de toma de decisiones en el proceso de investigación.

La aplicación de este modelo supone tomar en cuenta una gama de actores. Los más relevantes se reflejan en el gráfico 1. Todos los actores que intervienen actúan sobre la base de las prácticas que ellos identifican. Pero la preocupación sociológica no se reduce a explicar la manera en que los actores actúan según prácticas particulares. También consiste en preguntar acerca de lo que las prácticas hacen en la producción del orden social. A través de sus prácticas los actores revelan estrategias, estilos de pensamiento y acción, intereses y percepciones particulares. Es importante tener presente que el laboratorio no es un ente aislado, sino que forma parte de un engranaje industrial cuya comprensión requiere entender la articulación de las micronegociaciones en el seno del laboratorio con las macronegociaciones que envuelven a instituciones, políticas públicas, mercados, etc. Las diferencias de escala y su irreductibilidad relativa son importantes. Desde el trabajo de laboratorio se puede estar contribuyendo a modificar activamente la sociedad, desplazando a algunos actores importantes o incorporando a otros nuevos (Latour, 1983).

Gráfico 1

### La investigación industrial



Con respecto a la selección del tema de investigación en el laboratorio, algunas de las preguntas que resultan pertinentes desde nuestra perspectiva de análisis son:

Con respecto al problema a investigar:

- ~ ¿Cuáles son las definiciones originales del problema de esos actores?
- ~ ¿Cómo cambian las definiciones con el tiempo?
- ~ ¿Qué es lo que causa esos cambios, esos desplazamientos?
- ~ ¿En qué puntos se pueden identificar definiciones de problemas dominantes?

Con relación a los actores participantes:

- ~ ¿Qué actores consiguen que su definición del problema sea aceptada como dominante y por qué?
- ~ ¿Se puede identificar intereses de los actores? ¿y hasta qué punto esos intereses están salvaguardados en la definición dominante del problema?
- ~ ¿Qué recursos de los actores pueden identificarse?
- ~ ¿Qué actores perciben los eventos críticos y los eventos de inventos de investigación críticos como críticos?
- ~ ¿Qué actores son más exitosos (o poderosos) en transformar su definición del problema en la definición dominante del problema, y cuáles son las fuentes de ese poder?

Finalmente, en lo que toca a las deliberaciones y negociaciones para llegar a decisiones en distintos momentos con relación al problema:

- ~ ¿Qué intercambios de recursos tienen lugar durante las negociaciones?
- ~ ¿Se hacen negociaciones defensivas para estabilizar el nicho?
- ~ ¿Qué puede decirse de la estabilidad del nicho?
- ~ ¿Cómo consiguieron reabrir las negociaciones?
- ~ ¿Hay una relación general entre el tipo de evento crítico o evento de investigación crítico y la decisión que se toma después, es decir, el establecimiento de una nueva definición dominante del problema?

Preguntas como éstas constituyeron la base del estudio de un proceso tecnológico en laboratorios de investigación industrial de la industria petrolera venezolana, al que nos referiremos a continuación.

### **El caso de la Orimulsión®**

La Orimulsión es un ícono emblemático de las capacidades y logros de la actividad científico-técnica venezolana, percibido como una ruptura de conocimiento importante para la evolución de las capacidades científicas y tecnológicas nacionales. Este caso presenta aristas interesantes como ejemplo de la investigación industrial en un país sin tradición tecnológica. En su momento, y hasta muy recientemente, la introducción de un nuevo producto en el

difícil mercado energético internacional significó la demostración, para los propios técnicos y la industria nacional, de que el país era capaz de producir verdaderos logros técnicos, lo que se expresó en reconocimiento institucional, nacional e internacional. De hecho, fue el único ejemplo en la I+D nacional en que se pasó por toda la secuencia, desde la idea básica hasta obtener un negocio comercial, y el que hasta la fecha ha redituado los mayores ingresos al país (Guerrero *et al.*, 2004). Más recientemente, este logro ha pasado a ser cuestionado con base en un estudio de los precios promedio arrojados por la Orimulsión en un lapso de 58 meses. Su autor, B. Mommer (2004), aunque no lo reconoce explícitamente en su argumento, deja abierto el problema básico de la innovación: no todos los proyectos pre-competitivos llegan a ser grandes negocios. Algunos llegan a prototipo, a etapa piloto o de prueba, otros llegan a ser productos comerciales, como ha sido el caso de la Orimulsión, pero al cabo de un tiempo puede comprobarse que no tienen el éxito esperado.

Antes de seguir debatiendo los pros y contras de este producto, veamos primero en qué consiste la Orimulsión y cómo fue su desarrollo. Originariamente fue definido como un combustible compuesto por un 70 por ciento de bitumen natural de 7-10 API de gravedad, 30 por ciento de agua, un surfactante comercialmente disponible, nonyl phenol ethoxylato, y otros aditivos que se agregan para estabilizar al emulsionante y evitar que el agua y el bitumen se separen durante su transporte y almacenamiento. El proceso no es tan sencillo como parece, ya que uno de los factores clave que permiten que la Orimulsión logre su elevada eficiencia de combustión de 99,9 por ciento es el pequeño tamaño de las gotas de bitumen, de aproximadamente 20 $\mu$ m, y su distribución pareja en la emulsión.

Los principales participantes en su desarrollo fueron el Estado (a través del financiamiento directo a la institución pública de investigación y tecnología del sector petrolero, Intevep), el sector económico (básicamente, las operadoras del *holding* petrolero que actuaron con mayor o menor interés según los casos, en los desarrollos intermedios y en el producto final) y claro está, el sector I+D (es decir, los científicos, ingenieros y técnicos de la industria –Intevep y operadoras–, universidades y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, IVIC).

Cuando se nacionalizó la industria petrolera venezolana, en 1976, si bien el país no tenía una fuerte tradición productiva, estaba preparado para asumir la operación cotidiana de la misma. Sin embargo, carecía de capacidades tecnológicas suficientes para competir en el mediano y largo plazo en el ámbito internacional. Tampoco tenía una tradición en I+D. La comunidad de investigación científica y tecnológica nacional era incipiente en todos los campos, y los investigadores dedicados a tiempo integral a cuestiones vinculadas al petróleo podían contarse con los dedos de las manos. Como consecuencia de esta situación, era obvio que el país carecía de una tradición de mercadeo de tecnología. Fue en el Plan de Negocios 1993-2002 de Petróleos de Venezuela S.A. (Pdvs) cuando se incluyó

por primera vez el aspecto tecnológico, ya no meramente como una actividad, sino enmarcado en la estrategia de negocios de la industria petrolera.

En el proyecto de nacionalización de la década de los setenta se incluyó la idea de un instituto de tecnología que permitiría a la nueva Pdvsa y sus filiales operadoras el acceso a la tecnología disponible en el mercado internacional. Fue así como surgió Intevep junto con la nacionalización de la industria petrolera en enero de 1976. La creación y consolidación de un centro de investigación petrolera en un país en desarrollo con poca tradición científica y técnica no fue tarea fácil. La posibilidad de explorar las potencialidades de explotación de los recursos minerales de la Faja Petrolífera del Orinoco fue objeto de gran destaque como parte de la agenda política de la nacionalización. Se suponía que si la propia Venezuela no desarrollaba los conocimientos científico-técnicos requeridos para explotar la Faja, ningún otro país lo haría mientras en los mercados mundiales se pudiera disponer de petróleos más livianos. Es en este contexto que se comenzaron a dar los primeros pasos de lo que, al cabo de un proceso más o menos fuerte de aprendizaje, resultaría en la Orimulsión.

La noción de aprendizaje puede ser usada como un concepto operacional referido a actividades diversas, pasos que incluyen desde las tareas simples de mantenimiento y reparación, pasando por la mejora y la adaptación, hasta actividades de mayor complejidad como la copia, el desarrollo de productos y el diseño de nuevos procesos (cf. Mercado, 2000). La complejidad del proceso de aprendizaje puede apreciarse en distintos ámbitos de acción. En primer lugar, afectó a los *investigadores y técnicos* involucrados, como lo muestran los cambios ocurridos entre los grupos de investigadores, técnicos y gerentes a medida que adquirieron y/o mejoraron su *know-how*. A través de sucesivas redefiniciones parciales del problema, el significado de la emulsión de transporte con que se inició el proyecto a comienzos de los años ochenta se tradujo en el camino, hasta llegar a constituirse en la solución a un problema bastante diferente: la producción de lo que se presentó como un nuevo combustible a comienzos de los noventa. Después de un conjunto de decisiones y de superar varios cuellos de botella técnicos y políticos, se logró la estabilización del nuevo producto.

Pero no sólo aprendieron los científicos e ingenieros. El carácter incremental del aprendizaje no sólo se reflejó en estos grupos, sino que la empresa también fue acumulando experiencias tecnoproductivas. Hubo un *aprendizaje de la empresa*, en tanto empresa de tecnología. El colectivo institucional aprendió mucho en el desarrollo de la Orimulsión. Después de los inevitables debates y conflictos personales y grupales en la construcción de este nuevo objeto técnico, a medida que el proceso fue alcanzando el umbral de la estabilización una visión más distante permitió reconocer el peso personal y/o político de los líderes pioneros, que fueron capaces de influenciar a otros y hacer que las cosas ocurrieran a pesar de las desventajas de ser recién llegados a una tecnología emergente, de la falta

inicial de conocimiento experto y de experiencia, y de las dificultades para incidir en una trayectoria tecnológica particular que venía orientada por los factores nacionales de carácter socioinstitucional. En diferentes momentos actores sociales cruciales dentro de la empresa, en algunas de las filiales interesadas y en el ámbito internacional, encontraron o crearon condiciones específicas para el logro.

Y muy concretamente, hubo un *aprendizaje gerencial* en Intevep, como lo mostró la pendiente de desarrollo, que fue muy empinada. El tiempo planteado para la resolución de las restricciones técnicas fue difícil de cambiar y las oportunidades de comercialización no coincidieron con la jerarquía de las restricciones tecnológicas, algunas de las cuales permanecieron invisibles para todos excepto para unos pocos especialistas que tuvieron que tratar de vencerlas. La ventana de oportunidad de la comercialización no encontró la disponibilidad tecnológica requerida, y suscitó el entusiasmo prematuro de algunos funcionarios, llevando a una concepción excesivamente simplificada del desarrollo tecnológico que eventualmente devolvió el golpe, obligando a tomar más tiempo del inicialmente esperado. Si el grupo de Orimulsión hubiera sabido más cuando se embarcó en este proyecto, quizás habría gastado el mismo tiempo en lograrlo, pero de manera menos traumática. No obstante, la prevalencia de elementos idiosincrásicos que se manifestaron en el establecimiento de alianzas específicas entre actores y conductas tecnológicas particulares en el seno de la institución fue una de las múltiples aristas que incidieron en este proceso.

Creemos también que como consecuencia de la falta de experiencia y tradición en la producción de tecnología, privó lo que llamamos «la economía política de la urgencia». Para entender la psicología social y la economía política de la prisa que dominaron este esfuerzo habría que considerar la intersección entre la evolución de la economía mundial, y dentro de ella del sector petrolero, y la situación de Venezuela en los años setenta, lo que permitiría identificar la concatenación de fuerzas que generó y sostuvo el ímpetu del desarrollo apresurado de los recursos de la Faja Petrolífera. Se veía la oportunidad de lograr una tecnología de explotación de la Faja que convirtiera sus crudos extrapesados y bitúmenes en negocio. La Orimulsión contenía esa promesa.

#### **Cronología de un desarrollo tecnológico (Vessuri y Canino, 1996)**

~ 1980: problema inicial (grupo de mecánica de fluidos). A comienzos de la década de los ochenta, la industria petrolera venezolana enfrentaba el problema de transportar a través de tuberías los crudos pesados y extrapesados de fondo de pozo ubicados en la cuenca del río Orinoco, en el sudeste de Venezuela, hasta los puertos y refinerías de la costa a unos 300-400 km de distancia. La primera solución técnica que se buscó fue formular emulsiones de agua y surfactantes como alternativa a los métodos convencionales de aplicación de

calor, diluentes, «flujo anular», etc. Parte de la investigación se hizo con apoyo de universidades nacionales, especialmente la Universidad de Los Andes, y de un acuerdo de investigación en colaboración por tres años con British Petroleum (BP) para la formulación de emulsiones de aceite en agua y el transporte de tales sustancias.

~ 1983-1984: primer logro importante: tecnología HIPR (*High Internal Phase Ratio*). Se trató de un procedimiento para formular la emulsión de crudo con agua y un surfactante que reducía la viscosidad y estabilizaba la emulsión con baja energía de mezclado en un procedimiento conjunto del grupo de emulsiones de Intevep con BP. Aún se desconocía su reología y el comportamiento de su viscosidad en el tiempo.

~ 1985: el primer gran obstáculo genera la redefinición del objeto. La crisis petrolera de 1984-1985, que resultó en la caída drástica de los precios del petróleo, precarizó la línea de investigación sobre transporte de crudos pesados, que junto con otros proyectos de la Faja Petrolífera del Orinoco perdieron interés al dejar de ser rentables.

Simultáneamente surge la iniciativa salvadora de otro grupo de investigación de Intevep —el grupo de combustión—, cuyo problema era diferente: quemar la emulsión, por necesidades de una de las compañías operadoras nacionales, Lagoven. De esa forma ocurrió la redefinición institucional del problema, el cual pasó a ser *producir un combustible nuevo*. Se estableció un nuevo conjunto de requerimientos a alcanzar: el fluido debería quemarse como un combustible líquido convencional similar al *fuel oil* y estar libre de contaminantes, como el sodio.

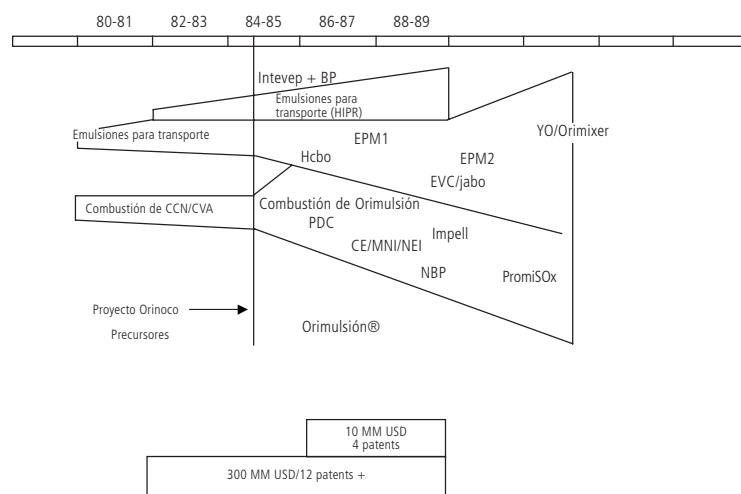
~ 1985: nacimiento de la idea de la Orimulsión. El nombre resultó de la combinación de los dos grupos de investigación envueltos: el Proyecto Orinoco de Lagoven-Intevep, y el Proyecto de Emulsiones de Intevep, Ori-Mulsion. Fue ahí cuando se concibió la idea de la Orimulsión para llenar un nicho de mercado, haciéndola atractiva a algunos grupos sociales diferenciados: combustible para ser quemado en plantas de energía convencionales como alternativa al carbón y a combustibles con elevadas cuotas de azufre. Se planteaba que sería necesario hacer unos cambios mínimos en los quemadores de tales plantas.

~ 1986: nueva crisis técnica: el «envejecimiento». Cuando la Orimulsión comenzó a ser bombeada desde la planta de Morichal, a través de unos setenta km de tubería de gran diámetro, hasta la estación terminal de Punta Cuchillo, en Puerto Ordaz, se debió enfrentar el primer cuello de botella serio. El producto comenzó a experimentar un aumento marcado de la viscosidad, técnicamente conocido como una emulsión múltiple (el «envejecimiento» en la jerga petrolera). En Morichal el efecto llegó a ser tan severo que fue necesario interrumpir el envío del combustible al terminal de despacho. Como se habían asumido compromisos comerciales con base en las pruebas de demostración, todo el proyecto estaba amenazado. Un año más tarde, después de arduas investigaciones, un investigador de

Intevep logró dar una explicación científica en términos osmóticos, demostrando que la Orimulsión era una emulsión múltiple, y se resolvió el problema con el desarrollo de la tecnología de emulsión de viscosidad controlada (EVC).

Gráfico 2

**Desarrollo de la Orimulsión® 1980-1993**



Fuente: Pdvsa-Intevep.

~ 1990-1992: problemas de estabilidad del mezclado. Después de varios cambios orientados a la reducción de costos en el esquema de producción, particularmente vinculados a la inyección y remoción del diluyente, se planteó otro obstáculo importante: debido a la falta de experiencia nacional e internacional en este proceso a gran escala y al desconocimiento de algunos aspectos del mismo, los sistemas de mezclado que se venían usando no habían sido elegidos adecuadamente. También cabe señalar que la experiencia de mezclado no estaba inmediatamente disponible en el mercado. Las personas que hacen mezclado usualmente tienen una formación en mecánica de fluidos y adquieren su *know-how* específico a través de la práctica.

La conexión japonesa y el mezclado. Intevep contactó a una empresa familiar japonesa, TKK, con larga experiencia en equipos de mezclado y firmó un convenio para desarrollar un proyecto conjunto. Después de varios años de trabajo, el grupo de escalamiento de un investigador de Intevep diseñó el equipo que finalmente fue llamado «Orimixer», con patente de Intevep y fabricado por la firma japonesa, del cual hubo varias generaciones cada vez más avanzadas.

### Comunidades de práctica

Las prácticas tecnológicas están dominadas por comunidades bien definidas que encapsulan el conocimiento tecnológico. Se refieren tanto a presupuestos compartidos, tácitos, que hacen posible el orden intersubjetivo dentro de sistemas sociales limitados, como a las formas de conocimiento corporizado que, a través de las acciones y cadenas de reacciones recíprocas que generan y a las que dan sentido, reproducen las condiciones estructurales para su corporización. Su misma especialización suele inhibir el reconocimiento de alternativas a la práctica convencional. El dominio de la práctica, o el proceso por el cual los actores llegan a adquirir suficiente competencia en un campo social como para participar efectivamente en él, no es simplemente cuestión de aprender las acciones apropiadas para un conjunto dado de situaciones. También implica poder desarrollar sin esfuerzo, a través de situaciones variadas, una suerte de comportamiento fácil que es, precisamente por la fluidez temporal que expresa, la mejor evidencia de ausencia de incomodidad y con ello de calificación respecto del campo dado. Al mismo tiempo, el dominio que supone envuelve la posesión operativa de la lógica clasificatoria del campo, simultáneamente intelectual, moral y estructural. Esta lógica puede ser entendida como el prisma a través del cual el campo se ve a sí mismo, y de esta forma como el punto a través del cual todos los intentos en movimiento en el campo deben ser refractados.

El proceso de llegar a desarrollar el dominio de la práctica es, en cierto nivel, una cuestión de emulación. Lo que se emula, no obstante, no es el desempeño de cualquier individuo o inclusive de cualquier cantidad de individuos. El objeto de emulación es, en cambio, la lógica que es común al campo mismo. En otras palabras, cada campo tiene un conjunto de «disposiciones estructurantes» que le son apropiadas, pero ningún individuo que opera sobre la base de un *habitus* particular posee la totalidad de ese conjunto. Así es que mientras los actores pueden actuar con referencia a la lógica total del campo poniendo en acción su dominio práctico, esa lógica no está nunca directamente disponible, al menos en su totalidad, en las acciones de un individuo empírico. Sólo podría ser la lógica del campo mismo, y no los desempeños de individuos particulares, lo que los actores internalizan en el proceso de alcanzar dominio práctico. En este sentido, no coincidimos con la crítica de Turner (1994) a lo que él percibe como tendencias ontologizadoras de pensadores como Durkheim, Mauss, Kuhn, Foucault y Bourdieu, quienes, desde su punto de vista, verían las prácticas como objetos colectivos reales e históricamente eficaces. Para Turner no hay prácticas colectivas o supuestos escondidos que sirvan como motores causales de la vida social. Sólo hay hábitos individuales, que los individuos adquieren emulando a otros individuos.

Por el contrario, pareciera que las prácticas sólo son identificables para el observador apreciando diferencias respecto a expectativas previas, ya que tal identificación es una



actividad que, en sí misma, tiene lugar en el nivel de las prácticas. El conjunto de cualidades que los actores pueden atribuir a otros actores es nada menos que un conjunto de prácticas. Lo importante para nosotros aquí es que los actores actúan sobre la base de las prácticas que ellos identifican. Llegan a considerarlas naturales y a elaborar normas de conducta y, de hecho, a erigir instituciones, a su alrededor. Las prácticas pueden no ser reales en la forma como lo son otros objetos, como alega Turner, pero son tratadas como reales por los actores que actúan en referencia a ellas.

Así vemos que en el caso de la Orimulsión se trató de un proyecto iniciado y en principio desarrollado por químicos y con una cultura característica de éstos, y con muy poca participación de ingenieros químicos en las etapas tempranas. La incorporación tardía de ingenieros químicos se dio como consecuencia de lo que podríamos calificar como una crisis de la cultura disciplinaria del grupo involucrado, como consecuencia de un punto ciego respecto a la importancia de los problemas del escalamiento. En cierto momento del proceso se verificó que se habían subestimado estos problemas, quizás debido a la falta de experiencia con la reología del producto al enfrentar el *scaling up* por parte de los miembros del equipo. Por otro lado, debe reconocerse que la emulsificación es un proceso industrial que normalmente se hace *por tandas*. Hacerlo de un *modo continuo* requería cierto *know how* que por lo menos no estaba disponible para los responsables de la experiencia.

Sin embargo, no es sólo cuestión de explicar las maneras como los actores actúan con base en prácticas particulares, sino que también cabe preguntarnos acerca de la contribución que esas prácticas hacen a la producción del orden social. Las regularidades en la distribución de prácticas a través del sistema social parecerían inexplicables sin el recurso a algún mecanismo supra-individual que establezca las condiciones para la reproducción de esa distribución. Así, podemos afirmar que las rupturas en la práctica tecnológica suelen ocurrir como resultado de acciones de individuos externos a la comunidad de práctica, como cuando en distintos momentos el grupo de combustión y los ingenieros de proceso entraron en escena y consiguieron traducir las ideas de la gente de emulsiones en términos de algo diferente, que ofrecía una salida a cuellos de botella particulares de la investigación, llevando a la redefinición del problema.

Por otra parte, otras comunidades de práctica, las gerenciales, no pueden ser ignoradas. El apoyo gerencial a los proyectos de I+D, especialmente en el caso de iniciativas todavía inciertas pero atractivas, también se reveló como crucial. Elementos de la alta gerencia de Intevep aprendieron a valorar, a través de experiencias como la del desarrollo de la Orimulsión, la conveniencia de establecer equipos (comunidades de práctica) interdisciplinarios en una etapa temprana del desarrollo, particularmente tan pronto como entran en juego consideraciones de escalamiento. Asimismo, aprendieron que debía haber una interacción fluida con los encargados de la comercialización de productos tecnológicos:

una competencia distinta de la de vender crudos, que es lo que convencionalmente comercializó la industria petrolera nacional. La idea de que estos patrones de regularidad de prácticas pudieran explicarse por referencia a hábitos individuales y ceremonias públicas parece poco probable.

*Una práctica y aprendizaje particular: la venta de tecnología:* dijimos que Pdvsa-Intevep tuvo que incorporar a la cultura de la comercialización de crudos, la de comercialización de tecnología. A partir de 1988, Pdvsa decidió que el negocio de la Orimulsión debía ser considerado en forma separada respecto del negocio petrolero convencional de venta de crudos, lo que justificó por sus peculiares características. Se creó así Bitúmenes Orinoco (Bitor) con la misión de asegurar «el desarrollo rentable de los recursos bituminosos de la Faja, a través de la comercialización de la Orimulsión como insumo energético primario para la generación de electricidad y procesos industriales, acatando y promoviendo su desarrollo bajo las más estrictas restricciones ambientales de cada país» (Bitor, 1994). El plan de negocios se centró en dar a conocer el nuevo producto, desarrollar mercados para este combustible no convencional, desarrollar las infraestructuras necesarias –perforación de pozos, plantas, oriductos y el terminal– y consolidar la tecnología.

Una de las primeras estrategias de comercialización que se planteó fue ofrecer un precio atractivo, igual o más bajo que el del carbón y el aceite pesado con los que competía el producto en el mercado de generación eléctrica, debido a que –se argumentaba– los clientes debían realizar inversiones para reformar las plantas termoeléctricas con vistas a ajustarlas al nuevo combustible. Otra estrategia fue dar garantía de suministro a través de contratos a largo plazo. Se obtuvo la clasificación de la Orimulsión en la partida arancelaria de la Unión Europea correspondiente a productos no considerados aceites minerales, con un tratamiento idéntico al del bitumen natural pulverizado y al del carbón. En su primera década de comercialización, Orimulsión tuvo que ganarse un lugar en el mercado *ad hoc* de generación eléctrica al que atiende, convenciendo a plantas eléctricas en diversos países de que es confiable técnica, ambiental y comercialmente. Si bien ha habido ingresos crecientes, hoy se debate si hay una expectativa real de expansión significativa en los próximos años. Los avances tecnológicos para estabilizar el producto siguieron adelante, entre otros con el desarrollo de la nueva formulación de la Orimulsión400, que redujo considerablemente las emisiones y mejoró la eficiencia de los precipitadores electrostáticos, aunque Bitor implementó el Sistema de Aseguramiento de Calidad basado en las normas ISO9000 en 1998 y comenzó a aplicar el sistema ISO14001 en 2002.

Entre los aprendizajes de la experiencia de comercialización parcialmente recogidos en un trabajo reciente (Serrano y Parra, 2003) se mencionan los siguientes:

~ Aprender a estructurar y ofrecer una propuesta tecnológica a un sector comercial con el cual no se había negociado previamente: el de generación eléctrica.

- ~ Cambio gradual de la visión del negocio con la cual se inició la comercialización del producto, en particular, en la percepción de que la Orimulsión era un negocio absolutamente seguro.
- ~ Se descartó la concepción que identificaba a la Orimulsión como competencia del carbón, y se acepta que compite con una cesta de combustibles (principalmente carbón y gas) que varía según la región y el país donde se vende la electricidad generada.
- ~ Se reconoció que el establecimiento de Bitor como único suplidor mundial del producto podía transformarse en una desventaja, al aumentar la percepción del riesgo por la dependencia de un solo proveedor.
- ~ Se entendió la necesidad de conocer la cultura del cliente y su forma de entender y hacer las cosas, a través de estrategias de acercamiento, usando empresas de enlace.
- ~ Se vio la necesidad de desarrollar una hoja de vida técnica y comercial de esta innovación tecnológica, haciendo pruebas piloto en varios países.
- ~ Se entendió la necesidad de incluir a otros sectores del comercio, como los fabricantes de calderas e ingenieros, para crear un contexto de conocimientos y de apoyo a la nueva tecnología.
- ~ Se vio la necesidad de hacer un trabajo de *lobby* con cada uno de los entes internacionales públicos y privados de todo país objeto de negociación.
- ~ Se aprendió la conveniencia de adoptar un perfil bajo, a fin de permitir el acceso a los mercados, trabajando con discreción y a un ritmo que se estimara apropiado.
- ~ Se verificó la importancia de asumir el rol de defensor del producto, teniendo una estrecha relación técnica y comercial con el equipo interdisciplinario de la empresa.
- ~ Se entendió que la entrada abrupta y sin un trabajo progresivo de *lobbying* de un combustible adicional en un mercado ya definido, inicia conflictos de competencia que pueden dañar la imagen del nuevo producto.

### **Discusión**

En el proceso de construcción de tecnología nos hemos referido a algunos de los variados hilos que se entretajan en la trama institucional de la sociedad, indicando la necesidad de sopesar, además de las acciones expresamente científicas y técnicas, también su significación en la sociedad y en la comunidad científica, y su imbricación con otros hechos que pueden condicionarlas o ser condicionados por ellas. El tema no es sencillo por las vinculaciones entre la información científica y técnica y las condiciones de mercado. En el caso de la industria petrolera —una industria madura altamente internacionalizada— el desarrollo tecnológico implica un grado sustancial de incertidumbre, además de que el secreto tradicional en ella hace más opacas las barreras que debe franquear cualquier intento de comprensión.

Con relación a la descripción de los «hechos» en materia de logros científicos y tecnológicos, especialmente en contextos industriales donde hay grandes intereses económicos en juego, se puede estar ofreciendo una interpretación errada o ingenua por las mismas restricciones del acceso a la información. El «logro» analizado puede ganar legitimidad extra, sin necesariamente merecerla, al ser etiquetado como «descubrimiento científico» o «innovación tecnológica». Pero más significativo aún es el reconocimiento del posible uso político de una innovación, su tergiversación, supresión o promoción, más allá o independientemente de su ciencia o tecnología. A medida que la I+D se integra más con la vida cotidiana y con las decisiones políticas que le dan forma, tanto más el científico social debe reflejar esas tendencias en su análisis. Ejemplo de esto es el debate actualmente en curso en Venezuela en relación con la Orimulsión, recogido en las páginas de la revista *Interciencia* como parte de su propósito de servir de foro para la discusión e intercambio de ideas acerca de problemas que atañen a la comunidad científica y al desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestra región (Laufer, 2004).

En la nota sobre Orimulsión que se me invitó a escribir para arrancar el debate, me preguntaba sobre el papel de la investigación y desarrollo en la construcción de la capacidad tecnológica nacional en países como los latinoamericanos. Insistí en elementos como la agenda política de la nacionalización del petróleo en la década de los setenta cuando se gestó la idea de la Orimulsión, que sirvió como símbolo importante de la voluntad nacional de investigar la fuente de sus mayores reservas de riqueza: la Faja Petrolífera del Orinoco. También destacué aspectos como el aprendizaje institucional y las dificultades de la pendiente de desarrollo tecnológico. La complejidad de las agendas políticas y económicas de una multitud de actores sociales es difícil de desentrañar, pues no es sencillo diferenciar los argumentos científicos y técnicos de los políticos, aunque en última instancia serán distinguibles. En el caso de la Orimulsión, el debate se ha centrado en que no puede pagar la regalía que paga una mezcla de extrapesado con liviano, por su bajo precio de mercado, y en que la competencia entre Orimulsión y residual atentaría contra el precio del crudo en el mercado (Guerrero *et al.*, 2004; Mommer, 2004).

¿Será que este debate opaca «las verdades científicas»? De ninguna manera. Los argumentos de crítica no se refieren a los resultados y esfuerzos de los laboratorios industriales y académicos envueltos, no critican la ciencia de la Orimulsión. Sin embargo, las implicaciones del cuestionamiento de su valor económico, de su viabilidad como innovación y producto comercial, acaban afectando al aparentemente más técnico y neutro de los experimentos de laboratorio. ¿Por qué es esto así? La separación de *policy* respecto de *politics* que suele hacerse es, en el fondo, una distinción ficticia que se exagera por la diferencia de términos en inglés. Las decisiones básicas respecto a la I+D industrial son políticas. Incluyen estrategias y tácticas y se formulan o avalan en los máximos niveles de

una empresa o, en el caso de un recurso estratégico nacional como es el petróleo, en el nivel del Estado.

Las tendencias de I+D se establecen fijando prioridades del Estado y la nación a través de procesos políticos y burocráticos escasamente coordinados. El problema central es que el segmento social encargado de la «representatividad democrática ciudadana» –los clásicos políticos– raramente llega a familiarizarse con los detalles de la política científica y tecnológica. La racionalización para el involucramiento privilegiado de científicos, ingenieros, economistas y expertos de negocios como los mejores jueces respecto a la viabilidad técnica y promesa económica a menudo funciona. Las limitaciones potenciales son que los expertos ni son imparciales ni están necesariamente bien calificados cuando se trata de evaluar la significación social y política de una línea de investigación y, no obstante, juicios de este último tipo son inextricables de los juicios de viabilidad técnica. Una mejor comprensión de la evidencia científico-técnica subyacente en ambos lados de un argumento político sólo puede ser beneficiosa para todos los involucrados.

El secreto comercial evidentemente hace más improbable tener un debate abierto respecto a las ventajas o desventajas de un producto particular para la economía nacional. La principal intención del secreto industrial es estimular la innovación permitiendo a las empresas monopolizar la comercialización de sus propios descubrimientos. Una desventaja, aparte de restringir el involucramiento democrático, es que permite la duplicación inútil de esfuerzos e impide la fertilización cruzada de ideas. La necesidad de relajar el secreto comercial está creciendo, especialmente porque éste y la protección de patentes se extienden cada vez más a los programas de investigación académicos y gubernamentales. ¿Será que las pautas que han crecido en la investigación industrial se generalizarán a la investigación académica? En el presente se están tomando medidas políticas respecto a la Orimulsión. Esto no quiere decir que en el pasado las decisiones no hayan sido políticas también. Obedecían a otra política. Pero ya no es ciencia ni tecnología. Es otro cantar y necesita otros instrumentos. La Faja Petrolífera del Orinoco es el tema por excelencia de la investigación científica venezolana en materia de hidrocarburos. Para hacerlos comercializables, los hidrocarburos de la Faja deben ser «mejorados» empleando una gama de métodos alternativos. La línea de investigación de la Orimulsión es uno de ellos y, al igual que los distintos tipos de mezclas que se han desarrollado en el tiempo, pone de relieve la capacidad científica alcanzada por el medio nacional.

### Referencias bibliográficas

**Arellano H., A.** (1999). *La producción social de objetos técnicos agrícolas*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México.

**Bitor** (1994). *Informe estratégico*, Caracas, Bitor-Pdvsa.

- Bourdieu, P.** (1990). *The Logic of Practice*, Palo Alto, Stanford University Press.
- Canino, M.V.** (1996). «Aspectos sociales del aprendizaje tecnológico en Venezuela. Dos estudios de caso». Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiarum, Caracas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Cardoso de Oliveira, R.** y **G.R. Ruben**, eds. (1995). *Estilos de antropología*, Campinas, Editora da Unicamp.
- Carlson, W.B.** (1997). «Innovation and the Modern Corporation. From Heroic Invention to Industrial Science», en J. Krige y D. Pestre, eds., *Science in the Twentieth Century*, Harwood Academic Publishers.
- Gibbons, M.** et al. (1994). *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Sage.
- Gooding, D., T. Pinch** y **S. Schaffer** (1989). *The Uses of Experiment. Studies in the Natural Sciences*, Cambridge University Press.
- Guerrero, S., L.J. Parra, E. Abreu, M. Urbano, L. Montefusco** y **L. Gil** (2004). «Orimulsión», *Interciencia*, vol. 29, n° 4, abril, Caracas.
- Hacking, I.** (1992). «The Self-Vindication of the Laboratory Sciences», en A. Pickering, ed., *Science as Practice and Culture*, Chicago University Press.
- Harwood, J.** (1993). *Styles of Scientific Thought: the German Genetics Community 1900-1933*, Londres-Chicago, University of Chicago Press.
- Hughes, T.** (1987). «The Evolution of Large Technological Systems», en E.E. Bijker, T.P. Hughes y T. Pinch, eds., *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge-Londres, The MIT Press.
- Jasanoff, S.** et al. (1994). *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage.
- Knorr-Cetina, K.** (1992). «The Couch, the Cathedral, and the Laboratory: On the Relationship between Experiment and Laboratory in Science», en Pickering, A., ed., *Science and Practice and Culture*, Chicago University Press.
- Kreimer, P.** (1997). «L'universel et le contexte dans la recherche scientifique». Tesis doctoral presentada en el Conservatoire national des Arts et Métiers, París.
- Latour, B.** (1983). «Give Me a Laboratory and I Will Raise the World», en K. Knorr-Cetina y M. Mulkay, eds., *Science Observed. Perspectives on the Social Study of Science*, Sage.
- Latour, B.** (1987). *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Open University Press.
- Laufer, M.** (2004). «El espíritu de Interciencia», *Interciencia*, vol. 29, n° 1, enero, Caracas.
- Lynch, M.** (1985). *Art and Artifact in Laboratory Science: A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- Mauss, M.** (1954). *The Gift*, Londres, Cohen & West.
- Mercado, A.** (2000). «Aprendizaje tecnológico y desarrollo institucional: la construcción de capacidades tecnológicas en la industria química y petroquímica de Brasil y Venezuela». Tesis de grado, PhD, Caracas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).
- Merton, R.K.** (1973). *La sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza Editorial.
- Mommer, B.** (2004). «La Orimulsión: verdades científicas y mentiras políticas», *Interciencia*, vol. 29, n° 1, enero, Caracas.
- Pickering, A.** (1992). *Science as Practice and Culture*, Chicago University Press.
- Pickering, A.** (1995). *The Mangle of Practice*, Chicago University Press.

- Scott, P.** (1991). «Levers and Counterweight: A Laboratory that Failed to Raise the World», *Social Studies of Science*, 21, pp. 7-35.
- Serrano, M.F. y L.V. Parra** (2003). «Reconstrucción sociotécnica del proceso de aprendizaje en Pdvs-a-Bitor en torno a la comercialización de la Orimulsión®». Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de sociólogas, Caracas, Faces, UCV.
- Turner, S.** (1994). *The Social Theory of Practices: Tradition, Tacit Knowledge, and Presuppositions*, Chicago, Chicago University Press.
- Vessuri, H.** (1995a). «¿Estilos nacionais da antropologia? Reflexões a partir da sociologia da ciência», en R. Cardoso de Oliveira y G.R. Ruben, eds., *Estilos de antropologia*, Campinas, Editora da Unicamp.
- Vessuri, H.** (1995b). *La Academia va al mercado. Relaciones de científicos académicos con clientes del sector productivo*, Caracas, Fondo Editorial Fintec.
- Vessuri, H.** (1996). «The Institutionalization Process», en J.J. Salomon, F. R. Sagasti y C. Sachs-Jeantet, *The Uncertain Quest. Science, Technology and Development*, Tokio, United Nations University Press.
- Vessuri, H.** (1997a). «Aprendizaje científico-técnico y cambio cultural en Venezuela: un enfoque microsociológico», *Redes*, 9(4), pp. 49-76.
- Vessuri, H.** (1997b). «Science for the South in the South. Exploring the Role of Local Leadership as a Catalyst of Scientific Development», en T. Shinn, J. Spaapen y V. Krishna, eds., *Science and Technology in a Developing World. Sociology of the Sciences Yearbook 1995*, Dordrecht-Boston-Londres, Kluwer Academic Publishers.
- Vessuri, H.** (1999). «Las ciencias de laboratorio en Venezuela. Enfoques y perspectivas en la historia contemporánea», Informe final del Proyecto S1-9500566, Caracas, Conicit.
- Vessuri, H.** (2004). «La construcción de la capacidad tecnológica nacional. ¿Qué papel para la investigación y desarrollo?», *Interciencia*, vol. 29, n° 1, enero.
- Vessuri, H. y M.V. Canino** (1996). «Sociocultural Dimensions of Technological Learning», *Science, Technology and Society*, 1(2), pp. 333-349.
- Vessuri, H.** con la colaboración de **M.V. Canino** (1998). «La capacidad de investigación en catálisis en Venezuela. Antecedentes y perspectivas», Informe final al Conicit, Caracas, junio, mimeo.
- Vessuri, H. y M.V. Canino** (2003). «Restricciones y oportunidades en la conformación de la tecnología: el caso Orimulsión®», en A. Oirela, ed., *El desafío de innovar*, Caracas, Fundación Polar/Cendes.
- Whitley, R.** (1984). *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*, Oxford, Oxford University Press.
- Winner, L.** (1987). *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Barcelona, Gedisa.

BLANCA S/F  
96