campo del conocimiento tecnológico, tanto en relación con las políticas públicas como con las estrategias privadas.

Una reflexión final. Puede haber quien encuentre un tanto apresurados los esfuerzos iniciados en América Latina en procura de la normalización de indicadores, considerando que no son muchos los países que han avanzado en la medición de los procesos de innovación. En nuestra opinión, esta iniciativa es de extraordinaria importancia, ya que el objetivo explícito de avanzar hacia una mayor uniformidad en los conceptos y definiciones, así como en la disponibilidad de una base informativa común que haga posible efectuar comparaciones, puede verse enriquecido por la promoción de una mayor conciencia en la región respecto del papel crucial que pueden cumplir en el desarrollo económico, los avances en el conocimiento de las características y las tendencias del proceso de cambio tecnológico. ❑

Aprendizaje científico-técnico y cambio cultural en Venezuela: un enfoque microsociológico

*Hebe Vessuri**

El presente artículo describe algunos elementos pertinentes desde el punto de vista sociológico para la comprensión de los procesos de aprendizaje y cambio cultural en los países en desarrollo. En primer lugar, se considera la evolución del aprendizaje tecnológico por parte de científicos e ingenieros en su accionar en el trabajo del laboratorio de I+D. En segundo lugar, se reconstruye a *grosso modo*, desde la perspectiva sociotécnica, una tecnología particular, con referencia al aprendizaje socio-institucional en dimensiones que superan lo estrictamente técnico. En tercer lugar, se describen algunos de los problemas de transferencia de información entre subsistemas de conocimiento y el rol de mediación de algunos de los individuos claves. Finalmente, se refiere al "cierre" de las controversias y debates y la estabilización de la innovación tecnológica en contextos sin una fuerte tradición productiva, ni de I+D, ni de mercadeo de tecnología.

Introducción

En la última década, un número creciente de sociólogos e historiadores ha retomado el desafío de conceptualizar el proceso de cambio técnico desde una perspectiva empírica, sumándose al aporte de economistas, tecnólogos y teóricos del desarrollo. Los distintos enfoques guían el análisis en direcciones particulares, determinando una extensa gama de interrogantes y arrastrando tras de sí a seguidores diferentes. No hay todavía una síntesis teórica, aunque puede esperarse que ésta resulte de un esfuerzo colectivo de los estudiosos quienes, desde una variedad de disciplinas, se sienten crecientemente atraídos a este campo. La mezcla heterogénea de competencias disciplinarias envueltas no sería accidental sino una condición necesaria para enfocar las complejidades de la tecnología.

En general, la literatura especializada se ha concentrado en el cambio técnico en los países industrializados. Se ha argumentado, sin embargo, que el estudio de estos procesos en los países en desarro-

* Departamento de Estudio de la Ciencia, IVIC, Venezuela.

llo puede resultar particularmente fértil para entender mejor ciertas dinámicas que suelen pasar desapercibidas en contextos con una mayor tradición industrial.[1] En particular, éste parece ser el caso en relación con el peso del escenario o piso institucional en que se desenvuelven los procesos de aprendizaje tecnológico. Dado que buena parte del aprendizaje se obtiene en la práctica, *haciendo*, y en vista de que la habilidad de aprender es ella misma parcialmente aprendida, la tecnología y las instituciones a través de las cuales ésta se produce, transfiere o adapta en países en desarrollo, plantean cuestiones analíticas de gran valor para la investigación interdisciplinaria. Obviamente, los agentes económicos en estos países encuentran dificultades para el aprendizaje por actuar en contextos con un tejido institucional para la innovación más débil y desarticulado.

En este trabajo, en base a estudios de casos, discutimos aspectos sociológicos vinculados al aprendizaje tecnológico en un país en desarrollo. El modelo de análisis que proponemos incluye las siguientes dimensiones:

a) la evolución, en la práctica, del aprendizaje tecnológico por parte de científicos e ingenieros y de las capacidades tecnológicas resultantes de su accionar en el trabajo del laboratorio de I+D, en contextos de institucionalización incipiente o moderada del aparato científico-técnico nacional;

b) la reconstrucción, desde la perspectiva sociotécnica, de tecnologías particulares en esos contextos;

c) el aprendizaje socioinstitucional en dimensiones que van más allá de lo estrictamente técnico;

d) los problemas de la transferencia de información entre subsistemas de conocimiento y el rol de mediación de individuos capaces de funcionar o de ser aceptados por los distintos subsistemas interactuantes y de traducir eficientemente los contenidos y valoraciones de uno a otros;

e) el examen del "cierre" de las controversias y debates y la estabilización de innovaciones tecnológicas en contextos sin una fuerte tradición productiva, ni de I+D, ni de mercadeo de tecnología;

f) la forma y el grado de definición e implementación de agendas nacionales/institucionales de I+D.

[1] Cf. S. Gu, "Toward an Analytic Framework for National Innovation Systems", Discussion Paper 9605, INTECH-UNU, Maastricht, abril de 1996.

Cuadro 1. Ubicación del análisis

	Sociología	Historia
Micro	• Actores sociales • Laboratorios	• Evolución del aprendizaje de investigadores, gerentes, técnicos, políticos • Evolución de capacidades CyT individuales • Evolución de trayectorias tecnológicas particulares • "Cierre"/ "Estabilización"
Comunidades de práctica en CyT		
Macro	• Corporación • Institución de I+D • Sector o rama industrial • Agenda nacional de CyT, y de desarrollo industrial • Escenario internacional	• Evolución, aprendizaje y capacidades nacionales CyT • "Momentum" • Evolución de las relaciones N-S/globalización de los mercados

Situamos nuestro análisis en el lugar donde la sociología se encuentra con la historia, en el terreno intermedio entre los enfoques micro y macro.[2] Los macroanálisis suelen concentrarse en el estudio de las políticas públicas, incluyendo las políticas de I+D e industriales, en el crecimiento económico y las economías nacionales. Los microanálisis, en cambio, se ocupan básicamente del estudio de la firma y su habilidad en innovar, su estrategia de negocios, su capacidad de aprendizaje, su estructura, etc., en el caso de los estudios económicos, o, en el caso de los microsociólogos de la investigación científica y tecnológica, de las habilidades, estrategias y efectividad de los técnicos o ingenieros individuales. De este modo, la innovación suele ser explicada ya sea en términos de la economía nacional y la política gubernamental o en términos de la acción individual. En ambos tipos de

[2] Cf. G. C. Homans, *Sentiments and Activities. Essays in Social Sciences*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1962.

enfoque se hacen suposiciones fuertes que ignoran o minimizan algunos aspectos cruciales en los procesos reales.

De hecho, los actores no pueden hacer historia de la manera que se les ocurra, pero tampoco sus acciones están totalmente restringidas. Las instituciones y las interacciones sociales que ellas propician para el aprendizaje tecnológico juegan una parte activa en el proceso, proporcionando el "contexto" crítico para el ejercicio de la creatividad. Desde nuestro punto de vista, el contexto socioinstitucional es un terreno fértil para analizar los procesos del aprendizaje efectivo de individuos y grupos, a través de las prácticas cotidianas de interacción, negociación, ajuste y compromiso.

Los componentes del modelo

Aunque muchos de los conceptos propuestos por la literatura reciente sobre sociología de la tecnología pueden ser considerados como variantes semánticas de la literatura sociológica, económica e histórica más amplia sobre cambio social, no obstante a través de su discusión, énfasis y combinación particular en el presente trabajo, esperamos iluminar aspectos específicos del problema (véase figura 1).

Los loci *sociales de la tecnología*

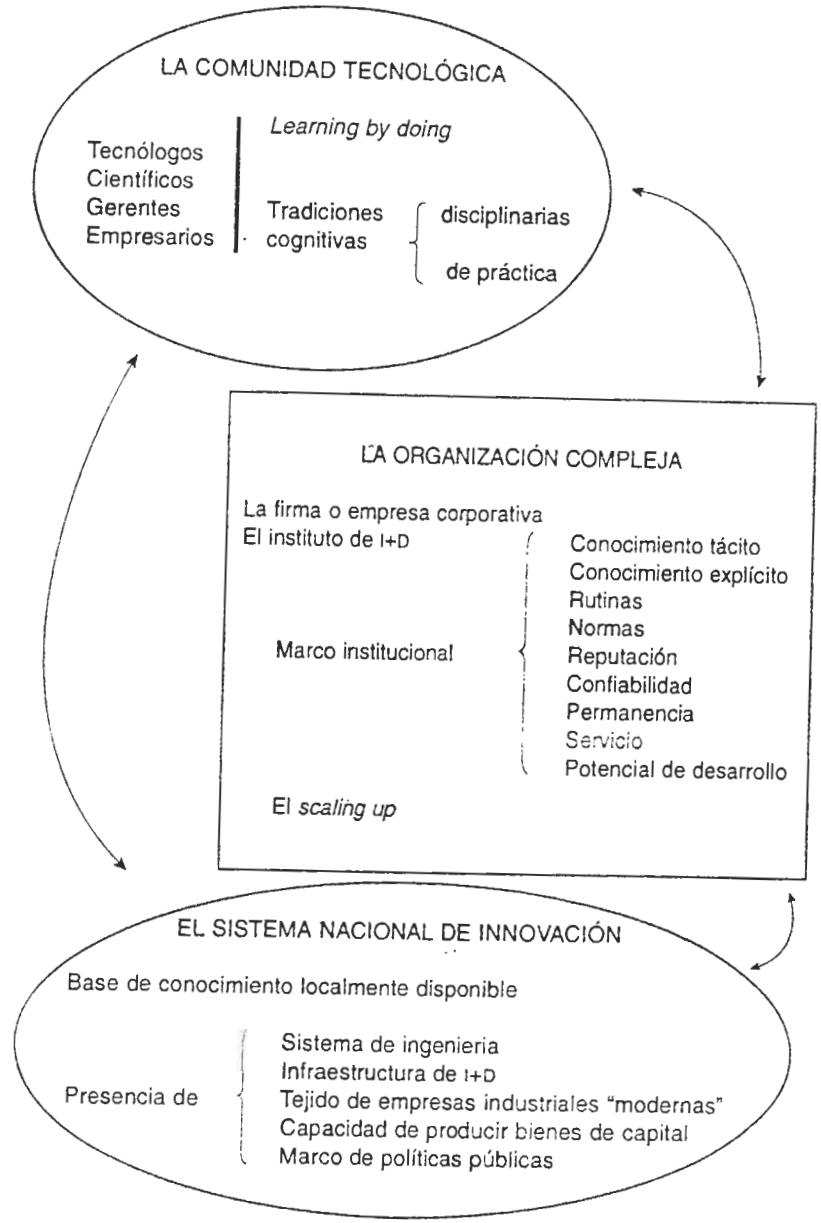
Constant[3] propone tres diferentes *loci* sociales para la práctica tecnológica: la *comunidad tecnológica*, la *organización compleja* (usualmente corporativa) y el *sistema tecnológico*. Esta distinción de niveles de análisis resulta útil para comprender las interacciones y condicionamientos jerárquicos de la tecnología.

La práctica y el aprendizaje tecnológico

Comenzando por el primer nivel, el *locus* de la tecnología como conocimiento y práctica está en *las comunidades de practicantes*. In-

[3] Cf. E. W. Constant II, "The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organization?, en W. E. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Mass./Londres, MIT Press, 1987.

Figura 1. Los *loci* sociales de la tecnología



genieros, técnicos y científicos industriales se dividen en comunidades bien definidas, compartiendo formaciones educativas y experiencias comunes de carrera profesional. A diferencia de la formación disciplinaria que prepara al científico para su incorporación ulterior a la comunidad de investigación académica profesional, en el caso de las comunidades tecnológicas, la formación que se obtiene en el proceso de "aprender haciendo" típico de la tecnología resulta tanto o más importante que la educación formal. De allí la relevancia de la *práctica ocupacional*, con formas de interacción intensas y persistentes en el proceso tecnológico, y la *tradición cognitiva* relacionada con esa práctica en el proceso acumulativo del aprendizaje.

La comunidad tecnológica (que incluye tanto a firmas como a individuos) admite una descomposición en subcomunidades de práctica más pequeñas. Al decidir qué problemas son relevantes, los grupos sociales envueltos y los significados que dan a lo que hacen juegan un papel crucial: un problema es definido como tal sólo cuando hay un grupo social para el cual constituye un "problema"; el potencial artefacto no está definido de entrada.[4] Diferentes grupos pueden estar manejando ideas de posibles artefactos o problemas "diferentes". Por ejemplo, en el caso del nuevo combustible ORIMULSION® desarrollado en INTEVEP (el Instituto Venezolano de Tecnología del Petróleo), la misma materia prima era encarada por diferentes grupos en la misma institución con objetivos diferentes: el grupo que trabajaba en emulsiones quería producir una solución a un problema de transporte del crudo pesado y extra pesado desde los pozos de la Faja Petrolífera del Orinoco en los estados de Monagas y Anzoátegui, hasta las refinerías o los puntos de despacho en puerto en el mar Caribe; el grupo de combustión quería resolver un problema de quema y eliminación de gases tóxicos; el grupo de corrosión quería resolver un problema aplicado a las calderas y tuberías que recibían el combustible. Puede también haber soluciones conflictivas a un mismo problema. Se ha argumentado que la convergencia de dos o más grupos en la construcción de un artefacto en un momento dado tiene que ver con la capacidad de uno de los grupos o el atractivo de la solución o proyecto que propone para inducir al otro a unírsele y compartir el mismo conjunto de significados ligados a la idea del primer grupo.

[4] Cf. M. Callon, "Struggles and Negotiations to Define What is Problematic and What is Not", en K. Knorr, R. Krohn and R. Whitley (eds.), *The Social Process of Scientific Investigation, Sociology of the Sciences Yearbook*, vol. 4, Dordrecht, D. Reidel, 1981, pp. 197-219.

Pero no se trata sólo de mayor capacidad de persuasión o coerción. Hay un "modo de satisfacer" en tecnología, y normas que gobiernan la "testeabilidad" tecnológica, que es diferente del modo de la ciencia y refleja los propósitos sociales específicos de la tecnología y el hecho de que explora el ambiente directamente y no vicariamente, como lo hace la ciencia.[5] La práctica comunitaria define un universo cognitivo que inhibe el reconocimiento de alternativas radicales a la práctica convencional. Las rutinas de búsqueda en tecnología están convencionalmente limitadas en extensión, son estrechas en concepción y subóptimas en logros, resultan específicas a la estructura y organización de la producción de conocimiento tecnológico y, normalmente, están enmarcadas en un contexto institucional determinado. Podrían haber sido de otra manera, es decir, no son necesariamente lo que son sino que reflejan y responden al juego complejo de factores heterogéneos profesionales, técnicos, económicos, psicológicos y políticos.

Cuando ocurren transiciones abruptas en la práctica tecnológica, como sucede de vez en cuando, casi siempre son obra de individuos ajenos, o por lo menos situados en los márgenes de la comunidad tecnológica convencional. Semejantes cambios radicales son usualmente precipitados por un "fracaso funcional", como en el caso del PROMISOX™, un proceso desarrollado por INTEVEP para mejorar la combustión en calderas generadoras de energía eléctrica; una "anomalía prevista"[6] o la anticipación de posibilidades y oportunidades de novedad, como en el caso ya señalado de la ORIMULSION, que resultó de la búsqueda de un aprovechamiento de las abundantes existencias de bitúmenes y petróleos pesados y extra pesados en Venezuela.

La organización corporativa de I+D

La tecnología depende de una gama mucho mayor de variables ambientales que simplemente el conocimiento esotérico de comunidades de práctica tecnológica. El segundo *locus* crítico para la práctica tecnológica es el nivel institucional, que aparece como crucial tanto

[5] Cf. E. W. Constant II, "Communities and Hierachies: Structure in the Practice of Science and Technology", en R. Laudan (ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Knowledge Relevant?*, Dordrecht, Boston, Lancaster, D. Reidel Publishing Co., 1984, p. 41.

[6] Cf. E. W. Constant II, *op. cit.*, pp. 30-31, nota 5.

para la integración exitosa del conocimiento de las distintas comunidades tecnológicas como para el aprendizaje: el marco institucional sirve como medio en el cual el conocimiento explícito o tácito, codificado o no, se combina en rutinas, normas, hábitos y comprensiones mutuas para reducir los costos de información y aumentar la efectividad del proceso de aprendizaje. Además, variables organizacionales como reputación, confiabilidad, permanencia, servicio, potencial de desarrollo y acceso son críticas a la implementación real de cualquier tecnología.

De esta manera, tanto desde el punto de vista de los ingenieros como de los usuarios finales, la entidad social más importante para identificar la función tecnológica es la organización o firma relevante. Es así comprensible que las firmas y organizaciones, más que las comunidades especializadas de practicantes, aparezcan identificadas como el *locus* crucial de la práctica tecnológica. En este nivel intermedio, que comprende a una variada gama de instituciones, se establecen las interacciones y las fronteras de análisis pertinentes. En la industria petrolera venezolana, para seguir con el ejemplo, dentro del conjunto de instituciones que comprenden firmas de ingeniería, consulta y servicios, firmas manufactureras, de equipos y materiales y centros de investigación y universidades, habría que estudiar por lo menos dos tipos de contextos, el de las firmas operadoras, cuya responsabilidad principal es la producción y venta de combustibles y derivados, y el de los establecimientos de I+D industrial, fundamentalmente el INTEVEP.

La correspondencia entre el nivel comunitario y de las instituciones se observa en el hecho de que la identidad de una organización suele estar determinada por el "grupo central", que resulta ser el conjunto de los practicantes individuales con compromisos profesionales específicos respecto de las tradiciones de práctica tecnológica en la institución. Sin embargo, la institución también puede ser vista como no homogénea, variando con respecto al nivel de especificidad, dando lugar, eventualmente, a mayores subdivisiones. De este modo, vemos que desde cierto punto de vista el INTEVEP puede aparecer como un actor *vis à vis* las firmas operadoras nacionales, Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) –casa matriz de la industria petrolera nacional–, British Petroleum u otras compañías. Pero dentro del propio INTEVEP, pueden identificarse diferentes grupos sociales, con subculturas y visiones del mundo diferenciadas: químicos, ingenieros, planificadores, gerentes de mercadeo, etc. Si sólo consideráramos a los científicos de INTEVEP, seguramente obtendríamos una visión que supone que la investigación científica es el corazón del asunto, mientras que si nos concentráramos en los ingenieros, obtendríamos un cuadro en el cual

la práctica de ingeniería sería decisiva. La tecnología es claramente mucho más compleja que cualquiera de estas visiones singulares, lo que hace obligatorio recurrir a (e integrar) una variedad de dimensiones y niveles de análisis en el intento de obtener una visión más ajustada de la misma.

Cuando estudiamos casos particulares de innovación tecnológica, normalmente encontramos que la comunidad de practicantes en sentido amplio incluye a varias subcomunidades, no sólo tecnológicas sino también científicas y económico-gerenciales, coordinadas generalmente por un contexto institucional, pero alojadas también en universidades y otras instituciones. En un estudio centrado en el INTEVEP,[7] tomamos tres casos de I+D, ORIMULSION, PROMISOX™ y HDH. En los tres casos, vimos que los individuos y grupos se identifican como pertenecientes a comunidades de práctica tecnológica en buena medida incorporados al colectivo de Investigación y Desarrollo centralizado en esa institución, pero en cada caso hay otros grupos e instituciones que también tienen papeles protagónicos y contribuyen a los resultados finales, por ejemplo, las universidades en ORIMULSION, y HDH, el IVIC en HDH, y otras firmas como la BP en la ORIMULSION, la Veba Oel en el HDH, y EER en el PROMISOX™. Sin embargo, desde el punto de vista del análisis, resulta provechoso analizar, inicialmente, las interacciones de los múltiples actores envueltos en el complejo espacio institucional constituido por la organización de I+D, en este caso el INTEVEP.

Siguiendo las propuestas de los constructivistas, para la reconstrucción de la gestación de estas tecnologías es útil adoptar un "modelo multidireccional" en lugar del "modelo unilineal" convencional. Por supuesto, con la comprensión retrospectiva que da la historia es posible colapsar el modelo multidireccional en un modelo lineal más simple; pero éste pierde la riqueza del argumento que sostiene que las etapas "exitosas" en el desarrollo no son las únicas posibles. De este modo, es posible argumentar plausiblemente que las diferentes reconstrucciones son "válidas", pero para diferentes grupos y propósitos. En este sentido, el cuadro oficial del desarrollo casi lineal de la

[7] Cf. H. Vessuri, "La Dinámica de la Innovación Técnica: el caso INTEVEP", Propuesta de investigación, Departamento Estudio de la Ciencia, IVIC, Caracas, 1995; H. Vessuri y M. V. Canino, "Sociocultural Dimensions of Technological Learning", *Science, Technology and Society*, vol. 1, No. 2, Nueva Delhi, 1996; M. V. Canino, *Aspectos Sociales del Aprendizaje Tecnológico en Venezuela. Dos Estudios de Casos*, trabajo para optar al grado de Magister Scientiarum, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, 1996, 134 páginas.

ORIMULSION® es sólo una representación retrospectiva idealizada, que sirve para los propósitos de registro de los logros de los principales actores, según las jerarquías e intereses de la organización en un momento dado.

Una visión multidireccional, por otro lado, puede resultar más útil para rastrear los procesos y actores reales en la construcción de una nueva tecnología, para entender el juego entre la dinámica social y la técnica, así como también los condicionamientos y encadenamientos del aprendizaje, tanto en el nivel de la firma u organización de I+D, como en el nivel nacional. Al adoptar este modelo multidireccional, es posible e inclusive necesario preguntar por qué algunas variantes "mueren" mientras que otras "sobreviven" y prosperan. Para iluminar esta parte "selectiva" del proceso de desarrollo, es necesario considerar los problemas y soluciones presentados en cada encrucijada, en función del stock de conocimientos localmente disponibles y del abanico de factores intervinientes. De esa manera, se puede explicar mejor la flexibilidad interactiva de la tecnología y su imbricación con lo social. El desarrollo de cada una de estas innovaciones tuvo que satisfacer una cantidad de imperativos organizacionales internos en continua interacción con contingencias culturales y económicas externas. Cada una de ellas es parte del proceso por el cual INTEVEP remontó la escalera conducente a la legitimidad frente a las firmas operadoras locales y los socios extranjeros y clientes potenciales.

El sistema nacional de innovación

El tercer *locus* social para la práctica tecnológica que menciona Constant[8] es el del sistema tecnológico. Preferimos incluir dentro de este tercer nivel la base de conocimiento localmente disponible –explícito y tácito– corporizado en personas vivas, crítico a la innovación y a la capacidad de aprendizaje, que varía notablemente entre los países en desarrollo, dependiendo de, y reflejando las, dimensiones culturales y sociales nacionales y con profundas implicaciones para los procesos de desarrollo. La disponibilidad de dicha base local de conocimientos depende de la dinámica de arreglos institucionales particulares, por ejemplo de los patrones de movilidad de los ingenieros y de otros especialistas con la competencia deseada, pero en última instancia depende del stock y dinámica de conocimiento material e inmaterial en el ámbito local. Según los países, este mercado de conocimiento incluye diferentes cantidades y combinaciones de los siguientes elementos:

a) un sistema de ingeniería generador de una fuerza de trabajo que responda a los requisitos del desarrollo industrial moderno, aunque no son raros los casos de capacidades nacionales de ingeniería desaprovechadas, generando desempleados abiertos o escondidos porque esas capacidades no se compaginan con otras dimensiones del desarrollo económico;

b) una infraestructura de I+D suficiente para proporcionar una base para la generación de conocimiento científico y tecnológico útil en la producción industrial o en la satisfacción de otras necesidades sociales;

c) un tejido de empresas industriales comprometidas en la producción "moderna", es decir, con medios modernos y usando gerencia moderna;

d) una cierta capacidad de producir bienes de capital, indicativa de un potencial de aprendizaje en la adaptación de tecnologías, como consecuencia de la densificación de las interacciones entre proveedores y usuarios;

e) un marco o sistema de políticas públicas favorables o no al crecimiento y funcionamiento de las instituciones relevantes.

Los esfuerzos del estado en América Latina se han relacionado fundamentalmente con el establecimiento, en grados y eficacia variables, de las instituciones necesarias para la industrialización, esto es las de mercado, de tecnología, de educación científica y de ingeniería. Dado el mapa institucional existente, la mezcla de factores resultante en los diversos países de la región es muy variada y cambiante en el tiempo. Como consecuencia, también variable la capacidad del sistema de volverse funcional en las condiciones locales existentes y su flexibilidad para una evolución posterior. En general, en América Latina, los países iniciaron sus procesos de institucionalización del desarrollo industrial en el curso de la Segunda Guerra Mundial o inclusive en décadas posteriores. En el ínterin desarrollaron ciertos patrones de conducta colectiva, cierta cultura técnico-productiva reflejo de "regímenes" económicos basados en la intervención y regulación estatal de las actividades económicas, que resultó en una acumulación desigual de fuerzas tecnológicas en esa etapa. Hoy los distintos países enfrentan la necesidad de ajustar los arreglos institucionales característicos del "*ancien régime*" a los cambios radicales ocurridos en las circunstancias económicas y tecnológicas internacionales. Las capacidades

[8] Cf. Constant, *op. cit.*, nota 3.

una importante discontinuidad tecnológica para la industria petrolera nacional, constituyendo al mismo tiempo un desafío y una oportunidad. Creó las condiciones para que el sistema de innovación en la industria petrolera venezolana realizara un proceso de *"catching up"*. El mismo dependió de la presencia de una cantidad suficiente de científicos e ingenieros venezolanos con la formación y experiencia necesarias, en la mayoría de los casos en Europa (Inglaterra, Francia, Alemania) y en los Estados Unidos, convirtiéndose en agentes directos de la transferencia e incorporación del conocimiento tecnológico pertinente a la industria nacional. A pesar del acceso al conocimiento tecnológico ubicado lejos, a través de contratos con compañías de servicios que la riqueza petrolera hacía posible, la ORIMULSION® probablemente no se hubiera logrado en Venezuela sin la disponibilidad local de una infraestructura de competencias, experticias y conocimientos. La capacidad tecnológica establecida de la industria petrolera venezolana, junto con una inteligente política dirigida a la innovación de parte de INTEVEP y de su casa matriz PDVSA, y la presencia de grupos de investigación en las universidades y otras instituciones, permitió que este país en desarrollo aprovechara esta ventana de oportunidad.

En los países industrializados el aprendizaje tecnológico se incorpora en actividades rutinarias y es acumulado continuamente en el marco de las instituciones productivas. En el caso de Venezuela, sin embargo, el grueso del personal de I+D a nivel nacional está ubicado en el sector educativo y sólo un mínimo porcentaje en el sector productivo. Estas diferencias tienen implicaciones profundas, pues la adquisición, aplicación, adaptación y mejoramiento de la tecnología de producción industrial son procesos costosos que requieren inversiones permanentes y las energías de una fuerza de trabajo científico y técnico. Puede observarse retrospectivamente que la distribución de la fuerza de trabajo de I+D como un recurso de la innovación refleja factores institucionales que han impedido o por lo menos desestimulado el aprendizaje tecnológico, en general por la falta de presión para competir. En general hubo expansión cuantitativa más que elevación jerárquica en lo tecnológico. Más interesante, entonces, se vuelve el análisis de aquellos casos en los que sí hubo logros efectivos.

Tipos de interacciones

Entre las interacciones cruciales en la innovación tecnológica moderna están las del tipo ciencia/tecnología. Si bien hay transferencia y comunicación entre subsistemas o campos de conocimiento (por ejemplo, entre química, ingeniería y economía), dicha asociación es problemática. Típicamente, en un laboratorio de investigación industrial, como en el caso del INTEVEP, un fenómeno básico está rodeado por otros fenómenos que hacen difícil, si no imposible, su investigación detallada *in situ*. Una estrategia de investigación, entonces, es extraer el fenómeno de sus aspectos circundantes e investigarlo aisladamente. Este enfoque es generalmente aceptado como constituyendo lo que se llama investigación básica o fundamental (ya sea teórica o experimental). El movimiento inverso, esto es, la recombinación o integración de varios fenómenos individuales para reconstruir la situación real (la situación de ingeniería) es más a menudo considerada como estrategia de investigación aplicada. Las dos sendas de investigación difieren considerablemente en términos de sus respectivas comunidades, metodologías o, más generalmente, de sus tradiciones de investigación.

Otras situaciones donde la interacción de tradiciones cognitivas diferentes es importante aparecen cuando dos campos originalmente autónomos inician un proceso de conexiones "intercampo" para resolver un problema que necesita de la intervención de los cuerpos de conocimiento acumulados en ambos campos. La restricción de interfase obliga a la interacción intercomunitaria intensiva. El ámbito de frontera

Cuadro 3. Científicos e ingenieros en I+D por campo de la CyT (%)

Campos cognitivos	Venezuela 1989	Argentina 1988	Chile 1984	Costa Rica 1992	México 1984	Perú 1981	España 1990	Corea 1992
Ciencias Naturales	32	41	26	19	27	14	24	19
Ingeniería y Tecnología	15	13	15	7	15	4	16	45
Ciencias Médicas	12	15	27	25	16	6	19	20
Ciencias Agrícolas	18	9	10	28	13	43	11	12
Ciencias Sociales y Humanas	15	20	22	14	27	14	30	n.d.
Otros campos	7	2		7		19		4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: UNESCO, *Statistical Yearbook*, 1994 y Oro y Sebastián, 1993.

emergente se constituye entonces en la interfase entre los dos campos, que es el espacio de comunicación entre ellos. Cada grupo debe tener una comprensión del lenguaje y subcultura del otro, y en este sentido constituyen un único "equipo de trabajo". En todo caso, la existencia de la traducción intercultural entre tradiciones de práctica y saber diferentes supone también la presencia de *traductores*, de espacios de comunicación, flujos de información en situaciones de frontera. Su papel es fundamental para el mejor aprovechamiento del conocimiento generado en distintos laboratorios. Las relaciones entre el grupo de combustión y el grupo de emulsiones en la construcción de la ORIMULSION® y más tarde de los químicos con los ingenieros de procesos, para resolver los problemas de mecánica de fluidos, son ejemplos de procesos de interacción donde los vocabularios, teorías, técnicas experimentales, instituciones e investigadores individuales de los dos o más campos intervinientes tratan de cooperar (sin excluir la competición) y contribuyen a la constitución de un ámbito científico-técnico en la frontera entre ellos, y cuyos niveles organizacionales y cognitivos no son reductibles a los de los campos constitutivos tomados separadamente. La investigación detallada de estos procesos de interacción es posible en la medida en que los cuerpos en interacción son claramente identificables y pertenecen al mismo subsistema. Ejemplos en la literatura se refieren a casos en biología y bioquímica[13] y de la combustión turbulenta.[14]

La ingeniería y el *scaling up*

La diferencia en los tipos de problemas, enfoques y procedimientos que enfrentan los científicos y los ingenieros es notable. Los científicos maniobran en un terreno *social* que es más simple que el de los

[13] Cf. L. Darden, L. y N. Maull, "Interfield Theories", *Philosophy of Science*, vol. 44, 1977, pp. 43-64; L. Darden, "Relations among Fields in the Evolutionary Synthesis", en W. Bechtel (ed.), *Integrating Scientific Disciplines*, Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986, pp. 113-123; W. Bechtel Bechtel, "The Nature of Scientific Integration", en W. Bechtel (ed.), *Integrating Scientific Disciplines*, Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986, pp. 3-52.

[14] Cf. I. Gokalp, "Sur les Interrelations entre domaines scientifiques", *La Revue de Synthèse*, vol. 4, julio-diciembre de 1989, pp. 435-468 e I. Gokalp, "The Interrelating of Scientific Domains: the Case of Turbulence and Combustion", *Studies in Philosophy and History of Science*, vol. 21, No. 21, 1990, pp. 413-429.

ingenieros; la complejidad social de las comunidades tecnológicas es mucho mayor que la de los científicos. También los científicos casi siempre trabajan sobre subproblemas de su disciplina y esta descomposición/subdivisión raramente da lugar a emprendimientos interdisciplinarios de naturaleza integradora. En la ciencia, los esfuerzos de integración son menores. Las pretensiones de conocimiento resultantes son comparativamente más homogéneas.[15]

Las dificultades de traducir una situación científica estudiada en aislamiento a la situación recombinada (característica de la ingeniería y en general de la tecnología), surgen de la complejidad de manejar situaciones donde varios fenómenos con *pesos similares* interactúan y dan lugar al efecto combinado en una estructura jerárquica con intereses y funciones que se superponen. Una estructura de este tipo tiene una inercia de tipo diferente comparada con una comunidad científica que normalmente goza de un mayor grado de autonomía. Los rasgos característicos del efecto combinado dependen de los fenómenos interactuantes y no son reductibles a su mera adición. Los rasgos específicos de cada fenómeno, como resultan de su investigación en condiciones aisladas, se ven fuertemente afectados por la presencia de otros fenómenos cuando se los pone en un contexto más amplio. Este proceso de modificación por integración o recombinación debe ser estudiado tan exhaustivamente como los procesos analíticos de aislamiento de un hecho científico.[16] Tiene que ver con lo que Constant llama las restricciones de interfase dentro de sistemas tecnológicos, significando por esto que tales sistemas son holísticos y las piezas deben encajar entre sí. El todo es mayor que la suma de las partes; un motor que funciona no es sólo una colección de piezas.

Mientras que la "descomponibilidad" del sistema tecnológico ofrece inmensas ventajas para hacer mejoras en los sistemas totales (ya que los componentes individuales o subsistemas pueden ser modificados sin cambiar radicalmente el sistema total), la naturaleza sintética del fenómeno tecnológico plantea demandas extraordinarias sobre la capacidad de los diseñadores de integrar exitosamente todos los subsistemas. El diseño requiere la integración de conocimiento esotérico –la síntesis– más que el análisis, y como tal supone también

[15] Cf. N. Clark, "Similarities and Differences Between Scientific and Technological Paradigms", *Futures*, febrero de 1987, pp. 26-42.

[16] Cf. I. Gokalp, "On the Analysis of Large Technical Systems", *Science, Technology, & Human Values*, vol.17, No.1, 1992, pp. 57-78.

el compromiso de los técnicos, ingenieros, científicos, administradores y gerentes involucrados. El alto grado de diferenciación de los paradigmas tecnológicos constituye, por otro lado, una fuente de inestabilidad debido a la vulnerabilidad asociada a la falta de control general, ya que cambios en cualquier parte del sistema crean condiciones para el cambio correspondiente en otras partes. Semejantes tensiones no se dan normalmente en las comunidades científicas, que a menudo están más unidas en torno a la práctica funcional y burocrática. Aunque la descomponibilidad del sistema tecnológico con frecuencia es una operación de rutina, en ocasiones se identifican subproblemas no tan rutinarios. La mayoría de las veces, esta descomposición sigue líneas o límites comunitarios de tradición práctica. Por ejemplo, el desarrollo de las Operaciones Unitarias y más tarde de los Procesos Unitarios de la ingeniería química obedeció a esta característica.[17]

Sin duda la especificidad de la ingeniería, ligada a la síntesis integradora, radica en el fenómeno de la escala, central para el éxito comercial en la manufactura de productos y procesos químicos. Los ingenieros químicos se ocupan del diseño, construcción y operación de plantas de procesos químicos de gran escala. Históricamente, los nuevos productos en las industrias químicas surgieron de la investigación de un químico que usaba tubos de ensayo, pipetas y retortas en su mesa de laboratorio. El químico se concentra en las sustancias, sus propiedades y transformación. Sin embargo, la investigación de laboratorio no proporciona la información requerida para la producción industrial, ya que ésta no es una simple cuestión de escalamiento del equipo con el cual el producto se logró por primera vez. Si ése fuera el caso, no habría necesidad del ingeniero químico. El escalamiento del equipo original a un tamaño apropiado es a menudo físicamente imposible y casi nunca económicamente viable. Por ejemplo, no es fácil escalar con vidrio, se necesitan otros materiales que puedan soportar presiones y temperaturas elevadas, al igual que tubos, bombas y otros elementos a una escala muy grande.

La preocupación del ingeniero químico es el aparataje técnico a través del cual los respectivos procesos se vuelven operativos bajo condiciones óptimas (técnicas y económicas). A nivel del escalamiento

[17] Cf. J. C. Guédon, "Conceptual and Institutional Obstacles to the Emergence of Unit Operations in Europe", en Maurice Daumas, *L'Acte Chimique*, Bruselas-Paris, Editions du Sablon,1980; y J. C. Guédon, "Il Progretto dell'Ingegneria Chimica: l'Affermazione delle Operazioni di Base negli Stati Uniti", *Testi e Contesti*, No. 5, 1981.

aparecen muchos cambios en la operación a escala de planta que no pueden ser detectados a escala de laboratorio. Identificar la escala óptima plantea complejos interrogantes que suponen una experimentación de tipo enteramente diferente de la que llevó al desarrollo del producto. El uso de plantas piloto y las inferencias que se sacan de los datos obtenidos en las experiencias con esas plantas determinan el tamaño óptimo, que difiere de una a otra línea de productos.[18] El moverse a una escala mayor a menudo requiere innovaciones tecnológicas para hacer viable la mayor escala. Es más, Sahal,[19] entre otros, opina que la innovación tiene lugar como función del escalamiento físico, pues a medida que el diseño dominante se vuelve sistemáticamente más grande (o más pequeño en el caso de algunas tecnologías electrónicamente basadas) comienzan a ocurrir desproporcionalidades físicas que amenazan la función económica. En la medida en que esto es así, las economías de producción de gran escala son de hecho inseparables del cambio tecnológico, aunque es una práctica difundida en economía (por ejemplo en la literatura que "explica el crecimiento") tratarlas como si fueran completamente separables.[20]

Los problemas del "cierre", el "momentum" y la estabilización de la tecnología

La extrapolación del concepto de "cierre" desde la sociología constructivista de la ciencia a los estudios sociales de la tecnología, aunque es sugerente necesita un ajuste. Tal como se lo usa actualmente en relación con el campo tecnológico, significa el proceso por el cual los procesos o artefactos en un estado provisional caracterizado por la controversia son moldeados hasta llegar a un estado estable caracterizado por el consenso.[21] El "cierre" en el campo tecnológico es mejor visto como un logro contingente de actores y no como un re-

[18] Cf. O. Solterman, *O 'Scaling-Up' e a Apertura da Caixa Preta Tecnológica*, Tesis de Maestría, Depto. de Política Científica e Tecnológica, UNICAMP, Campinas, 1990.

[19] Cf. D. Sahal, "Technological Guideposts and Innovation Avenues", *Research Policy*, 14(2), abril de 1985.

[20] Cf. Ch. Rosenberg, 1996, p. 8.

[21] Cf. T. J. Misa, "Theories of Technological Change: Parameters and Purposes", *Science, Technology & Human Values*, vol. 17, No.1, 1992, p. 109.

sultado necesario. Nuestros estudios confirman el argumento de Latour[22] respecto a la escenificación de los tests de laboratorio hechos frente a públicos muy cuidadosamente seleccionados para ganar fuerza, el proceso de préstamos de "cajas negras" en dichas escenificaciones públicas[23] y la decisión crucial que un colectivo –la organización de I+D o la firma– toma cuando un resultado se considera "suficientemente bueno", es decir, cuando se llega al resultado satisfactorio.[24] Si se logra, el "cierre" implica más que un consenso temporal: es la expresión de la "dureza" y solidez que ganan los artefactos.

Como proceso social, el "cierre" puede involucrar frecuentemente la reestructuración de las relaciones de poder. Así, por ejemplo, la "construcción" de la ORIMULSION, no fue un evento aislado sino un proceso de finales del siglo XX, en abierta competición con otros combustibles. Con un aumento de la demanda de electricidad en Europa a una tasa de aproximadamente 2,2% anual, y más elevada en otras regiones de la International Energy Agency (IEA), se espera que el carbón se beneficie de la mayor parte de ese incremento. La ORIMULSION comienza a competir con el carbón por esa demanda agregada a partir de la estimación de la organización corporativa fundamental de la industria petrolera venezolana, PDVSA, de que el nuevo actor en el mercado energético puede reclamar cerca de un 10% de ese negocio. Con respecto a su posible competitividad como Combustible Pesado de Petróleo (HFO-*Heavy Fuel Oil*), la estrategia de mercado de PDVSA sólo se dirige a operadoras de estaciones que queman petróleo y que planifican convertirse a carbón, o aquellas que pretenden construir nuevas plantas en base a carbón.

Una vez que la ORIMULSION entró en el mercado mundial y fue crecientemente aceptada (esto es, que se estabilizó), envolviendo poderosas combinaciones industriales y negociaciones transatlánticas que unían continentes, alcanzó un estado que es lo que podemos llamar de "cierre". En efecto, el "cierre" puede oscurecer alternativas haciendo que un artefacto, sistema o red particular aparezca como

[22] Cf. B. Latour, "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*, Londres, Beverly Hills, Nueva Delhi, Sage, 1983, pp. 150-153.

[23] Cf. B. Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Milton Keynes, Open University Press and Cambridge, MA, Harvard University Press, 1987, pp. 80-83.

[24] Cf. *op. cit.*, p. 35, nota 5.

necesario o lógico. Es precisamente porque el "cierre" puede impartir dirección y *momentum* que los actores batallan enérgicamente para lograr estabilizar la tecnología en términos que les sean favorables. El de *"momentum"* es un concepto que Hughes[25] formuló para describir los procesos sociales por los cuales grandes sistemas tecnológicos dan forma a su propio crecimiento y parecen volverse autónomos. Tanto los sistemas como el *"momentum"* aparecen como conceptos fructíferos para comprender la naturaleza de las tecnologías modernas. El "cierre", la "estabilización" y el *"momentum"* no debieran ser vistos como en oposición al cambio, sino más bien como facilitando el orden que hace posible el cambio. Sólo fijando ciertos elementos en su lugar los actores pueden completar su objetivo de construir sistemas o redes.

Es probable que todavía no estemos siendo testigos de la plena estabilización de esta tecnología como diseño sociotécnico, aunque la estructura física de la ORIMULSION ya tiene un diseño técnico científico bastante constante y ha surgido como "nuevo combustible" en el mercado energético mundial, una rara ocurrencia dado su potencial de impacto significativo sobre un consumidor de combustible tan importante como lo es la industria de electricidad. Si las fuerzas del mercado son suficientemente fuertes es factible que haya presiones de cambio en la tecnología. Si esas condiciones no se dan, entonces las prácticas y procedimientos tenderán a seguir los intereses y objetivos de las comunidades científicas o tecnológicas pertinentes.[26] Puede esperarse, entonces, que en vista de las "alternativas" existentes (y eventuales) en el mercado mundial de combustibles, en tanto conserve la flexibilidad sociotécnica, la ORIMULSION tendrá nuevas posibilidades de sobrevivencia.

Las estrategias de los actores

De acuerdo con el enfoque constructivista de la tecnología, el conocimiento y las prácticas tecnológicas se construyen en un proceso de negociación social, a menudo visto como guiado por el interés social

[25] Cf. T. P. Hughes, "The evolution of Large Technological Systems", en W. E. Bijker, T. P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Mass., Londres, MIT Press, 1987, pp. 76-80.

[26] Cf. N. Clark, *op. cit.*, p. 40, nota 14.

de los participantes. De este modo, entre las cuestiones pertinentes a considerar están las tácticas y estrategias de los actores y su posicionamiento,[27] es decir, el poder relativo que son capaces de controlar. Cómo conseguir que otras personas se interesen en laboratorios particulares, cómo conseguir que el trabajo de un académico sea valorado en la firma industrial mercantil.[28] En efecto, ¿cómo se organiza la investigación en un contexto industrial como el sector productivo en Venezuela? ¿Cómo se organiza la investigación en un contexto industrial como el sector petrolero en Venezuela? ¿Cómo influye la estructura del laboratorio –al igual que su modo de pensamiento– en sus relaciones con los equipos de producción, ingenieros, personal de mercadeo y otras unidades?

En la historia de la ORIMULSION, los grupos sociales relevantes comprenden a los científicos, ingenieros, técnicos del INTEVEP, pero también a los científicos e ingenieros de algunas universidades nacionales y extranjeras, los gerentes de INTEVEP, cuerpos gerenciales de las operadoras locales y de PDVSA, diseñadores de políticas tanto en el Ministerio de Energía y Minas como en otros lugares del estado, otras compañías de servicios, firmas extranjeras que comparten el trabajo de I+D, los clientes. En todos los casos, los actores se presentan divididos o reagrupados de acuerdo con las diferentes líneas divisorias o de integración de las comunidades de práctica y afiliación institucional.

La "red del actor" es una noción que fue popular en la década del sesenta entre los psicólogos sociales y antropólogos urbanos, entre otros, y que más recientemente fue puesta en circulación en sociología de la ciencia por Callon[29] en un intento de encontrar un vocabulario neutral para describir las acciones de quienes han sido llamados "ingenieros heterogéneos".[30] La idea es que esos ingenieros heterogéneos construyen redes "enredadas", que combinan elementos científicos, técnicos, sociales y económicos. Se pone el énfasis en la combinación de elementos en las redes al mismo tiempo que se admite que esos elementos son constituidos y reciben su forma en esas

[27] Cf. B. Latour, *op. cit.*, p. 50, nota 24.

[28] Cf. B. Latour, *op. cit.*, p. 146 y ss., nota 24.

[29] Cf. M. Callon, "The State and Technical Innovation: A Case Study of the Electrical Vehicle in France", *Research Policy*, vol. 9, 1980, pp. 358-376.

[30] Cf. J. Law, "Technology and Heterogeneous Engineering: the Case of Portuguese Expansion", en Bijker, Hughes y Pinch (eds.), *op.cit.*, pp. 111-134.

redes. En este respecto, también encontramos útil la proposición normativa de Callon de que las redes "largas" se extienden más allá de las interacciones de la tecnología y el mercado (éstas son meramente redes "cortas") para incorporar la investigación académica básica.

Conclusión

Hemos presentado algunos elementos que desde el punto de vista sociológico son pertinentes para la comprensión de los procesos de aprendizaje y cambio cultural en los países en desarrollo. Entre ellos consideramos la evolución del aprendizaje tecnológico por parte de científicos e ingenieros en su accionar en el trabajo del laboratorio de I+D, reconstruimos *grosso modo,* desde la perspectiva sociotécnica, una tecnología particular, con referencia al aprendizaje socio-institucional en dimensiones que superan lo estrictamente técnico; consideramos algunos de los problemas de transferencia de información entre subsistemas de conocimiento y el rol de mediación de algunos individuos claves; mencionamos, sin analizarlo porque escapa a nuestras posibilidades en este trabajo, el tema de la forma y el grado de definición e implementación de agendas nacionales/institucionales de I+D; finalmente, nos referimos al "cierre" de las controversias y debates y la estabilización de la innovación tecnológica en contextos sin una fuerte tradición productiva, ni de I+D, ni de mercadeo de tecnología. ❑

Bibliografía

- Barberii, E. E. *et al.* (eds.) (1989), *La industria venezolana de los hidrocarburos*, Caracas, CEPET, 2 vols.
- Bechtel, W. (1986), "The Nature of Scientific Integration", en *Integrating Scientific Disciplines*, W. Bechtel (ed.), Dordrecht, Martinus Nijhoff, pp. 3-52.
- Bijker, W. E., T. P. Hughes y T. Pinch (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, Mass./Londres, MIT Press.
- Briceño, M. I., M. L. Chirinos, I. Layrisse, G. Martínez, G. Núñez, A. Padrón, L. Quintero y H. Rivas (1989), "Tecnología de emulsiones para la producción y manejo de crudos extrapesados y bitúmenes", *Revista Técnica INTEVEP*, vol. 9, No. 2, julio-diciembre, pp.101-109.
- Brossard, E. (1993), *The Clash of the Giants. Petroleum Research and Venezuela's INTEVEP*, Houston, Texas, PennWell Books/INTEVEP.
- Callon, M. (1980), "The State and Technical Innovation: A Case Study of the Electrical Vehicle in France", *Research Policy*, vol. 9, pp. 358-376.

• Callon, M. (1981), "Struggles and Negotiations to Define What is Problematic and What is Not", en K. Knorr, R. Krohn y R. Whitley (eds.). *The Social Process of Scientific Investigation, Sociology of the Sciences Yearbook*, vol. 4 (1980), Dordrecht, D. Reidel, pp. 197-219.
• Callon, M. (1986), "The Sociology of an Actor-Network: the Case of the Electric Vehicle", M. Callon, J. Law y A. Rip (eds.), *Mapping the Dynamics of Science and Technology*, Houndmills, Basingstoke y Londres, The Macmillan Press.
• Callon, M. (1987), "Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis", en Bijker, Hughes y Pinch (eds.) *op. cit.*, pp. 83-106.
• Canino, M. V. (1996), *Aspectos sociales del aprendizaje tecnológico en Venezuela. Dos estudios de casos*, Trabajo para optar al grado de *Magister Scientiarum*, Caracas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, 134 páginas.
• Clark, N. (1987), "Similarities and Differences Between Scientific and Technological Paradigms", *Futures*, febrero, pp. 26-42.
• Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICIT) (1977), Primer Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, Período 1976-1980, Sector Hidrocarburos, *Ciencia y Tecnología de Venezuela*, vol. 1, No. 4, Caracas, CONICIT, pp. 355-414.
• Constant II, E.W. (1984), "Communities and Hierarchies: Structure in the Practice of Science and Technology", R. Laudan (ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Knowledge Relevant?*, Dordrecht, Boston, Lancaster, D. Reidel Publishing Co.
• Constant II, E. W. (1987), "The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organization?", en Bijker *et al.*, *op. cit.*
• Darden, L. (1986), "Relations among Fields in the Evolutionary Synthesis", en *Integrating Scientific Disciplines*, W. Bechtel (ed.), Dordrecht, Martinus Nijhoff, pp. 113-123.
• Darden, L. y N. Maull (1977), "Interfield Theories", *Philosophy of Science*, vol. 44, pp. 43-64.
• Dosi, G. *et al.* (eds.) (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Londres y Nueva York, Pinter Publishers.
• Gokalp, I. (1989), "Sur les Interrelations entre domaines scientifiques", *La Revue de Synthèse*, vol. 4, julio-diciembre, pp. 435-468.
• Gokalp, I. (1990), "The Interrelating of Scientific Domains: the Case of Turbulence and Combustion", *Studies in Philosophy and History of Science*, vol. 21, No. 21, pp. 413-29.
• Gokalp, I. (1992), "On the Analysis of Large Technical Systems", *Science, Technology, y Human Values*, vol. 17, No. 1, pp. 57-78.
• Gu, S. (1996), "Toward an Analytic Framework for National Innovation Systems", Discussion Paper #9605, INTECH-UNU, Maastricht, abril.
• Guédon, J. C. (1980), "Conceptual and Institutional Obstacles to the Emergence of Unit Operations in Europe", en Maurice Daumas, *L'Acte Chimique*, Bruselas-París, Editions du Sablon.

• Guédon (1981), "Il Progretto dell'Ingegneria Chimica: l'Affermazione delle Operazioni di Base negli Stati Uniti", *Testi e Contesti*, No. 5.
• Heitmann, J. A. y D. J. Rhees (1984/1990), *Scaling Up. Science, Engineering, and the American Chemical Industry*, Preparado para acompañar una exhibición, Filadelfia, The Beckman Center for the History of Science, Publicación No. 2.
• Homans, G. C. (1962), *Sentiments and Activities. Essays in Social Science*, Londres, Routledge y Kegan Paul.
• Hughes, T. P. (1979), "The electrification of America: the System Builders", *Technology and Culture*, No. 20, pp. 124-161.
• Hughes, T. P. (1987), "The evolution of Large Technological Systems", en Bijker, Hughes y Pinch (eds.), *op. cit.*, pp. 51-82.
• Instituto Venezolano de Investigaciones Petroleras y Petroquímicas (INVEPET) (1975), *Diagnóstico sobre transferencia tecnológica de la industria petrolera*, Caracas, 239 páginas.
• INTEVEP (1995), 10 Años de Orimulsión, Seminario Técnico, BITOR-INTEVEP-LAGOVEN, Los Teques, julio 18 de 1995.
• Latour, B. y S. Woolgar (1979), *Laboratory Life*, Sage.
• 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*, Londres, Beverly Hills, Nueva Delhi, Sage.
• Latour, B. (1987), *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Milton Keynes, Open University Press and Cambridge, MA, Harvard University Press.
• Law, J. (1987), "Technology and Heterogeneous Engineering: the Case of Portuguese Expansion", en Bijker, Hughes y Pinch (eds.), *op. cit.*, pp. 111-134.
• Law, J. (1987b), "On the Social Explanation of Technical Change: The Case of the Portuguese Maritime Expansion", *Technology and Culture*, vol. 28, pp. 227-252.
• Law, J. y M. Callon (1992), "The Life and Death of an Aircraft: a Network Analysis of Technical Change", en Bijker, W. E. y J. Law (eds.), *Shaping Technology, Building Society. Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge, Mass./ London, MIT Press.
• Lundvall, B. A. (1988), "Innovation as an interactive Process: from User-Producer Interaction to the National System of Innovation", en Dosi, G. *et al.*, *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publishers, pp. 349-369.
• Misa, T. J. (1988), "How Machines Make History, and How Historians (and others) Help Them to Do So", *Science, Technology and Human Values*, vol. 13, pp. 308-331.
• Misa, T. J. (1992), "Theories of Technological Change:Parameters and Purposes", *Science, Technology y Human Values*, vol. 17, No. 1, pp. 3-12.
• Mommer, B. (1987), *La cuestión petrolera*, Caracas.
• OECD (1992), *Technology and the Economy. The Key Relationships*, TEP (The Technology/ Economy Programme), OECD, París, 328 páginas.

REDES

Director
Mario Albornoz
Secretario de redacción
Pablo Kreimer
Secretario adjunto
Diego Lawler
Redacción
Carmelo Polino

Comité Editorial
Daniel Chudnovsky
Carlos Correa
Ricardo Ferraro
Enrique Fliess
Carlos Mallmann
Juan Carlos Portantiero
Carlos Prego
Félix Schuster
Judith Sutz
Ernesto Villanueva
Francisco von Wuthenau

Consejo Asesor
Carlos Abeledo
Renato Dagnino
Aldo Ferrer
Rolando García
Iván Lavados
Gustavo Malek
Jacques Marcovitch
Eduardo Martínez
Carlos Martínez Vidal
Riccardo Petrella
Manuel Sadosky
Jean-Jacques Salomon
Jesús Sebastián
Hebe Vessuri

Diseño original
Ronald Smirnoff

Diagramación y armado
Silvana Ferraro

Editorial 5

Abstracts 9

Perspectivas
El proceso de innovación tecnológica en América Latina en los años noventa. Criterios para la definición de indicadores
Andrés López y Gustavo Lugones 13

Aprendizaje científico-técnico y cambio cultural en Venezuela: un enfoque microsociológico
Hebe Vessuri 49

Influencia y redes de la bioquímica en España 1950-1975: práctica experimental y política científica en la periferia europea
María Jesús Santesmases 77

Entre la continuidad y el cambio en la institucionalización de las ciencias sociales: el Instituto Torcuato Di Tella y la corporación de investigaciones económicas para Latinoamérica
Roberto Martínez Nogueira 93

Dossier
Ciencia sin cajas negras y política sin experimentos repetibles: conversando con Bruno Latour sobre ciencia y política en los tiempos de la vaca loca
Pablo J. Boczkowski 139

Notas de investigación
Modelos de crecimiento científico
Joseph Hodara 153

Anatomía y patología de la investigación en un instituto universitario
Yolanda Texera Arnal 163

Opiniones y comentarios
Manifiesto fundacional del Foro sobre cooperación internacional para América Latina y el Caribe 181

Comentarios bibliográficos 187

Informaciones 203

REDES 9

revista de estudios sociales de la ciencia

Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología
UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES
Vol. IV, N° 9, Buenos Aires, abril de 1997