

De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación

MARIO CIMOLI Y GIOVANNI DOSI*

Introducción

Algunos expertos que se definen como evolucionistas o institucionalistas han propuesto que se analice la relación entre la microeconomía de la tecnología y los sistemas nacionales de producción e innovación. Otros, desde perspectivas teóricas diferentes, ya han hecho algunas contribuciones en ese sentido. En general, todas las corrientes de investigación tienen algunos aspectos en común, entre los que sobresalen –para parafrasear a Richard Nelson– los procesos de coevolución de las tecnologías, las organizaciones empresariales y las instituciones.

Esos aspectos comunes –que vinculan los análisis evolutivos de la microeconomía de la innovación con la generalización de algunas características de los sistemas nacionales de producción e innovación– son el tema central de este artículo.¹

En primer término hay que considerar las inferencias teóricas de la dinámica en los patrones de innovación en escala micro. Los conceptos de paradigmas y trayectorias tecnológicas (que en gran medida se superponen con otros, como el de proyectos dominantes) entrañan una representación de las tecnologías centrada en los procedimientos cognoscitivos y de solución de problemas. Una derivación de este punto de vista es que los patrones observados –siempre que surgen– deben interpretarse como el resultado colectivo de las formas en que se organiza e incrementa el conocimiento en las

empresas y en la sociedad. Esto no significa que las variables tradicionales consideradas por los economistas (los incentivos en escala micro, los precios relativos, etc.) no tengan un papel importante. En particular, esas variables afectan el cambio técnico, dada su influencia en los procesos de acumulación de los conocimientos en materia de producción e innovación.

Otra importante inferencia se refiere a la teoría de la producción. Así, es muy evidente derivar a corto plazo las propiedades de no sustitución de factores, y a largo plazo las asimetrías o brechas tecnológicas como características permanentes de las empresas y, aún más, de los países.

¿Cuáles son las consecuencias de estas propiedades tecnológicas en escala micro cuando se examinan los sectores industriales y los distintos países? Dicho de otra manera, ¿es posible identificar patrones sectoriales o nacionales que puedan interpretarse a partir de algunos aspectos básicos de los procesos de aprendizaje colectivo, de la selección de mercados y de instituciones en ambos niveles?

Ciertamente, hay razones teóricas y pruebas empíricas cada vez más numerosas de que los patrones de evolución de las estructuras industriales son resultado de formas específicas de acceso a las oportunidades innovadoras y a los mecanismos de selección de mercados. Sin embargo, este trabajo no cubre la coevolución de las tecnologías y las estructuras pro-

1. M. Cimoli y G. Dosi, “Technological Paradigms, Patterns of Learning and Development. An Introductory Nood Map”, trabajo presentado en el taller Tecnología e competitività nei paesi in via di sviluppo, Venecia, 26 de febrero de 1993.

* Departamento de Economía, Universidad de Venecia, profesor visitante de la Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM-Xochimilco, y Departamento de Economía de la Universidad de Roma, La Sapienza. Traducción del inglés de Adriana Hierro.

ductivas. La atención se centra en las relaciones entre el aprendizaje en escala micro y la acumulación de capacidades tecnológicas en el sistema económico y, sobre todo, en fundamentar la existencia de un sistema nacional de producción e innovación.

En general, es necesario sustentar la argumentación en varias etapas: a) de la microeconomía de la innovación se deduce que las empresas son las depositarias centrales, aunque de ninguna manera únicas, del conocimiento tecnológico; por tanto, sus características organizacionales y de conducta específicas afectan el ritmo y la dirección del aprendizaje; b) las características de las empresas no se distribuyen al azar en los sectores y países; por el contrario, ciertos rasgos tienden a fortalecerse debido a su interacción con el entorno, y c) los amplios mecanismos institucionales que rigen las interacciones acentúan la posibilidad de crear modos de aprendizaje colectivos. En analogía con el análisis microeconómico anterior, estos patrones se consideran como trayectorias nacionales.

Un asunto de importancia es la posible existencia de algunas regularidades en estas trayectorias en todo el país o, en otras palabras, de etapas relativamente constantes de aprendizaje. A estas interrogantes sobre el proceso de desarrollo se da una respuesta parcialmente afirmativa, con gran reserva, descartándose cualquier opinión mecanicista.

Lejos de revisar innumerables evidencias históricas sobre estos temas, sólo se seleccionan algunos ejemplos de países desarrollados y, en particular, las experiencias de las economías de América Latina.

Las propiedades fundamentales de la tecnología

Trayectorias y paradigmas tecnológicos

Existen diversos conceptos que pretenden definir la naturaleza de las actividades de innovación: *regímenes tecnológicos, paradigmas, trayectorias, rasgos sobresalientes, indicadores, proyectos dominantes*, etc. Los nombres no son tan importantes (si bien cierta uniformidad facilitaría la difusión de las ideas). Lo que resulta relevante es que estos conceptos tratan de captar algunas características comunes de los procedimientos y la dirección del cambio técnico.² En lo que sigue se examinan algunos de esos conceptos.

La noción de paradigmas tecnológicos se basa en una concepción de la tecnología sustentada en tres ideas fundamentales:

2. Para mayor información véase G. Dosi, "Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature*, núm. 26, 1988.

1) Cualquier descripción satisfactoria de lo "que es la tecnología" y cómo cambia debe contener la representación de las formas específicas del conocimiento en que se basa una actividad particular. Esto es, la tecnología no puede reducirse al punto de vista común de un conjunto de proyectos bien definidos. Más bien se refiere a las actividades relacionadas con la solución de problemas que entrañan, en mayor o menor medida, formas tácitas de conocimiento contenidas en los procedimientos individuales y organizacionales.

2) Los paradigmas entrañan una heurística y concepciones específicas sobre "cómo hacer las cosas" y cómo mejorarlas que con frecuencia comparten los profesionales de diversas actividades (ingenieros, empresas, sociedades técnicas), así como un marco cognoscitivo colectivo.³

3) Los paradigmas por lo general también definen los modelos básicos de los productos industriales y los sistemas de producción que progresivamente se modifican y mejoran. Estos productos básicos también pueden describirse con base en algunas características fundamentales de índole tecnológica y económica. Por ejemplo, en el caso de un avión, estos atributos básicos se explican obviamente no sólo a partir de los costos de producción, sino también de algunas características tecnológicas sobresalientes como: carga alar, peso máximo al despegue, velocidad, autonomía de vuelo de la nave, etcétera.

Lo que resulta interesante es que el progreso técnico aparentemente muestra patrones y regularidades como resultado de las características de estos productos. Pueden encontrarse ejemplos similares de regularidades tecnológicas en los semiconductores, el equipo agrícola, los automóviles y algunos otros estudios microtecnológicos.

El concepto de trayectorias tecnológicas se asocia con el desarrollo progresivo de las oportunidades de innovación relacionadas con cada paradigma. En principio, las trayectorias se pueden medir con base en los cambios en las características tecnoeconómicas fundamentales de los productos y del proceso de producción.

Enseguida se plantean las ideas fundamentales de este concepto:⁴ a) cada cuerpo específico de conocimiento (por ejemplo, cada paradigma) da forma y restringe el ritmo y la dirección del cambio tecnológico, independientemente de los estímulos del mercado; b) en consecuencia, deben observarse

3. E. Constant, *The Turbojet Revolution*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1985.

4. Esta interpretación del cambio técnico y varios ejemplos históricos pueden encontrarse en los trabajos pioneros sobre la economía del cambio técnico de Chris Freeman, Nathan Rosenberg, Richard Nelson, Sidney Winter, Thomas Hughes, Paul David, Joel Mokyr y Paolo Saviotti; véase G. Dosi, *op. cit.*

regularidades en el patrón del cambio técnico en diversas condiciones del mercado (por ejemplo, para distintos precios relativos) cuya interrupción se relaciona con cambios radicales en las bases de conocimiento (en paradigmas), y c) el cambio técnico se deriva en parte de los intentos para enfrentar los desequilibrios tecnológicos que dicho cambio genera.⁵

Una propiedad general, ampliamente reconocida en los textos sobre innovación, es que el aprendizaje es nacional (o sea, que la exploración y el desarrollo de nuevas técnicas pueden ocurrir en el ámbito de las técnicas existentes) y acumulativo. Esto último porque con frecuencia en la actualidad el desarrollo tecnológico se basa en experiencias de producción e innovación del pasado y continúa con la solución de nuevos problemas por medio de secuencias y coyunturas específicas. Es evidente que lo anterior se ajusta muy bien a las ideas del conocimiento paradigmático y a las trayectorias resultantes. Una inferencia importante es que en cualquier momento quienes participan en una actividad específica de producción se enfrentan a un campo de aplicación muy reducido para las técnicas sustituibles, si bien se tiene fácil acceso a proyectos diferentes de los que se estaban utilizando y que pueden llevarse a la práctica con eficiencia, de acuerdo con los precios relativos de los factores.

Predominio tecnológico, heterogeneidad en escala micro y no sustitución

El concepto de paradigma contiene elementos de las teorías de la producción y de la innovación.⁶

1) En general, en cualquier momento se encuentra que una o unas cuantas técnicas dominan a las otras porque son mejores, independientemente de los precios relativos.

2) Los distintos agentes se caracterizan por adoptar técnicas persistentemente distintas (mejores y peores).

3) La dinámica global de los coeficientes técnicos de producción en cada actividad es resultado del proceso de imitación y difusión de las mejores técnicas, de la búsqueda de nuevas y de la selección del mercado entre agentes heterogéneos.

4) Los cambios que progresivamente han experimentado las mejores técnicas subrayan un camino muy regular (trayectorias) tanto en el espacio de los coeficientes técnicos como en

el de las características técnicas básicas de los productos (recuérdese el ejemplo del avión).

En general, aunque se diera a las empresas todos los detalles de una tecnología, habría diferencias en la forma de incorporarla al producto o al proceso, pues aquéllas podrían no tener la capacidad para desarrollarla o utilizarla. Como el conocimiento tecnológico es en parte tácito, pues está incluido en las prácticas organizacionales complejas, así como en las brechas y el avance tecnológicos bien podrían persistir, aun sin protección legal. Lo contrario también se aplica: si dos empresas tienen una capacidad tecnológica similar, pronto surgirían imitaciones mediante la ingeniería inversa, a pesar de la protección que se buscara brindar, por ejemplo, con las patentes.

De acuerdo con R. Nelson, lo anterior puede ilustrarse con una metáfora gastronómica. Supóngase que es fácil conseguir las recetas y los procedimientos técnicos (en la mayoría de los casos no son indispensables en las representaciones económicas de la producción): "Precaliente el horno; después de diez minutos introduzca una mezcla específica de harina y mantequilla...", etc. En general se obtendrán resultados diferentes, conforme a las normas generalizadas de calidad de los alimentos. Esto se aplica a las comparaciones entre agentes y también a los grupos institucionalmente diferenciados; por ejemplo, la mayoría de los comensales seleccionados al azar entre la población mundial sistemáticamente calificarían las muestras de los cocineros ingleses como "peores" que las de los franceses, chinos, italianos, indios o mexicanos, aunque las hubieran preparado con recetas idénticas. Si se acepta la metáfora, esto debe aplicarse en mayor medida a circunstancias en las que el desempeño resulta de rutinas organizacionales muy complejas y opacas (a propósito, la eficiencia X de Leibnstein se refiere a este fenómeno tan generalizado).

¿Cómo intervienen los precios relativos en ese escenario? En un primer acercamiento no ocurre ninguna sustitución entre los proyectos conocidos por las empresas con base en los cambios en los precios relativos. Más bien, estos últimos afectan el sentido de la imitación y la búsqueda de la innovación por los agentes racionales. Sin embargo, la historia basada en paradigmas sostendría que aunque los precios relativos se modificaran de manera significativa, la dirección de la búsqueda de innovaciones y las trayectorias resultantes quedarían limitadas a caminos relativamente estrechos, determinados por la naturaleza de la base subyacente de conocimientos, los principios físicos y químicos que explotan y los sistemas tecnológicos a los que pertenece una actividad en particular. Aún más importante es que los efectos persistentes en los precios relativos o en las condiciones de la demanda posiblemente influyan de manera irreversible en la elección y la relativa difusión de los paradigmas tecnológicos alternativos, siempre que exista dicha opción y, a largo plazo, se oriente a la búsqueda de nuevos paradigmas.

5. Este concepto es parecido al de los cuellos de botella tecnológicos de N. Rosenberg (*Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1976): piénsese en incrementar la velocidad de una máquina herramienta que, a su vez, requiere cambios en los elementos de corte, lo cual conduce a cambios en otras partes de la máquina...

6. M. Cimoli y G. Dosi, *op. cit.*

En resumen, como caso general, la teoría basada en paradigmas sugiere a corto plazo una representación de la producción basada en los coeficientes fijos (tipo Leontieff), con respecto a cada una de las empresas y las industrias. A más largo plazo, se observan cambios regulares en las técnicas de producción que dependen poco de la dinámica de los precios relativos.

De hecho, la evidencia disponible –muy dispersa, dada la propensión de los economistas a evadir preguntas comprometedoras– es congruente con estas conjeturas: aparentemente hay una amplia y persistente asimetría en materia de eficiencia entre las empresas de una misma industria.⁷ Esto se aplica a los países adelantados y, aún más, a los que están en vías de desarrollo. Asimismo, también hay asimetrías persistentes en la rentabilidad.⁸ Por último, en los estudios de caso de varias industrias se subrayan las regularidades específicas de la tecnología en las pautas del cambio técnico que difícilmente pueden interpretarse como respuestas directas a cambios en los precios relativos y las condiciones de la demanda; el caso de los semiconductores es sólo un ejemplo extremo de un fenómeno más general.⁹

Al ampliar el espacio en que se describen las tecnologías para incluir, además de los requisitos de insumos, las mencionadas características fundamentales del proceso y los productos (por ejemplo, carga alar y peso al despegue en aviones; densidad de los circuitos y velocidad de procesamiento en los semiconductores; aceleración y consumo de combustible en los automóviles, etc.), la conjetura es que también en este espacio más amplio surgen trayectorias, y las interrupciones se asocian con cambios en las bases del conocimiento y en la heurística. De hecho, la evidencia mostrada por Devandra Sahal y, más recientemente, por Paolo Saviotti en la Universidad de Manchester, marca regularidades notables en las pautas del cambio en el espacio de las características fundamentales del producto. Por ejemplo, en las aeronaves comerciales puede observarse una trayectoria bien definida desde el DC-3 hasta los modelos contemporáneos. Es interesante señalar que los modelos que resultaron ser fracasos tecnológicos o comerciales con frecuencia se desviaron de esa trayectoria.

Estos descubrimientos incorporan inferencias para el análisis económico de la relación entre la oferta y la demanda. Tómese como punto de partida una perspectiva lancasteriana

7. R. Nelson, "Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and Departures", *Journal of Economic Literature*, 1981.

8. P. Geroski y A. Jacquemin, "The Persistence of Profits: A European Comparison", *Economic Journal*, 1988, y D.C. Muller, (ed.), *The Dynamics of Company Profits*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.

9. G. Dosi, *Technical Change and Industrial Transformation*, Macmillan Press, Londres, 1984.

de la demanda final (es decir, los consumidores exigen características que satisfacen sus "necesidades"). Con ingresos cada vez más altos y preferencias heterogéneas podría esperarse que la variedad de los productos creciera y se distribuyera en todo el espacio de las distintas características de los productos. De hecho, puede observarse una enorme variedad de productos. Sin embargo, al profundizarse el análisis parece que la innovación de productos sólo explora un subconjunto menor de ese espacio. En otras palabras, la naturaleza de cada paradigma es aparentemente un factor poderoso que vincula y determina la variedad en las características técnicas y el desempeño de los productos observados.

Cambios tecnológicos, desarrollo y asimetrías internacionales

En el entorno de la perspectiva evolutiva, la explicación de las diferencias internacionales en el proceso de acumulación tecnológica debe buscarse en las instituciones que rigen la interacción del mercado y el aprendizaje colectivo. El contraste entre el aprendizaje (imperfecto) y la asignación óptima de recursos como motor fundamental del desarrollo lo han subrayado repetidamente Kaldor, Pasinetti y, antes, Schumpeter, entre otros, pero nadie ha explorado cabalmente sus consecuencias en la teoría y la política del desarrollo. Huelga decir que se han exagerado las diferencias. Después de todo, el aprendizaje se entrelaza con el proceso de asignación de recursos. Sin embargo, es útil distinguir entre lo que tiene efectos de primero y segundo orden.

Desde el punto de vista empírico, la disciplina económica ha desarrollado pocas comparaciones internacionales entre los coeficientes técnicos sectoriales con un grado de desagregación elevado. Se supone que de esa manera podría observarse un gran número de evidencias en conflicto con la teoría estándar de la producción: los países menos desarrollados pueden mostrar un mayor aprovechamiento de todos o de la mayoría de los insumos por unidad de producción y quizá una intensidad aún más elevada de los insumos que la teoría consideraría más escasos (es decir, un equivalente aproximado de lo que en el campo del comercio internacional se denomina la paradoja de Leontieff). Por el contrario, aquí la interpretación es directa: las brechas tecnológicas representan las diferencias generalizadas en las eficiencias de los factores. Más aún, si el progreso técnico implica también altas tasas de ahorro en capital físico e insumos de mano de obra calificada, pueden observarse países menos desarrollados que no sólo usan más capital por unidad de producto, sino también más capital por unidad de mano de obra en comparación con los líderes tecnológicos.

De aquí se derivan algunas inferencias importantes:

1) La teoría predice que en los procesos de producción habrá

asimetrías persistentes entre los países (esto también debe mostrarse en función de las diferentes eficiencias de los insumos).¹⁰ Por tanto, en cualquier momento pueden establecerse dos inferencias empíricas importantes: a) los países se podrían clasificar, de manera inequívoca, conforme a las eficiencias de sus técnicas de producción promedio y, tratándose de productos, de acuerdo con las características específicas de los mismos, independientemente de los precios relativos, y b) la ausencia de una relación significativa entre estas brechas y las diferencias internacionales en los coeficientes de capital/producto. Esto significa que las diferencias en los coeficientes técnicos que representan técnicas distintas pueden clasificarse inequívocamente sin que importe la distribución de los ingresos. Estas diferencias también se aplican a la capacidad para desarrollar nuevos productos y a los distintos períodos necesarios para producirlos después de que se les introduce en la economía mundial. De hecho, la distribución internacional de la capacidad de innovación con respecto a los nuevos productos es finalmente tan desigual como la capacidad relativa a los procesos de producción. Por ejemplo, si se considera que las patentes internacionales o las innovaciones discretas representan la capacidad de innovar, la evidencia indica que el club de innovadores se restringió durante el siglo pasado a una docena de países desarrollados, con sólo un nuevo miembro importante, Japón.¹¹

2) Los procesos de desarrollo e industrialización están estrechamente vinculados a la difusión de técnicas “superiores” entre los países y en el interior de éstos. Como se mencionó, es posible que en cualquier momento sólo una o, cuando mucho, unas cuantas técnicas de producción se asocien a las mejores prácticas que correspondan a la frontera tecnológica. En el caso de las economías en desarrollo, el proceso de industrialización está muy relacionado con el préstamo, la imitación y la adaptación de tecnologías de economías más avanzadas. Estos procesos de adopción y adaptación están, a su vez, influidos por las capacidades específicas de cada economía.

En este entorno es posible afirmar que los aspectos micro de la producción y la innovación originan los procesos mediante los cuales las brechas tecnológicas y las diversidades institucionales del país pueden reproducirse conjuntamente durante períodos prolongados. En otras circunstancias, la diversidad institucional y tecnológica entre las naciones podría fomentar la actualización y el avance de las capacidades innovadoras y los ingresos per cápita.

La demostración rigurosa de estas propuestas requeriría, sin duda, pasos intermedios que relacionen las externalidades y

los mecanismos de retroalimentación positiva –basados en el aprendizaje tecnológico– con el entorno institucional en que se localizan los agentes microeconómicos. Más adelante se aborda brevemente este asunto. Por ahora sólo se destaca que las tasas de aprendizaje sistemáticamente distintas pueden tener muy poco que ver con “qué tan bien opera un mercado”. Más bien, los incentivos y las oportunidades que los agentes perciben en un entorno específico son en sí el resultado de historias particulares de tecnologías e instituciones.

La importancia de la dimensión institucional es evidente en los patrones del cambio tecnológico en las escalas micro y macro. En la micro las tecnologías se han incorporado en gran medida a instituciones particulares, las empresas, cuyas características, normas de decisión, capacidades y comportamientos son fundamentales para determinar el ritmo y la dirección del avance tecnológico. A su vez, las empresas están incluidas en redes que se relacionan entre sí y con otras entidades institucionales, desde instituciones gubernamentales hasta universidades.¹²

Desde esta perspectiva coevolutiva que vincula tecnologías, empresas e instituciones, debe admitirse que hay una relación bidireccional entre las estructuras del mercado (representadas por la distribución de las características estructurales, como el tamaño de la empresa, la competencia innovadora, la propiedad y los rasgos persistentes de conducta) y los patrones del aprendizaje tecnológico. Los diferentes ritmos de aprendizaje influyen en la habilidad de las empresas para sobrevivir y crecer; de esa manera afectan a las estructuras industriales. Por el contrario, cualquier estructura particular –definida por determinada distribución de las características indicadas– influye y restringe lo que las empresas pueden y están dispuestas a aprender y en la rapidez con que puedan hacerlo.¹³

Factores económicos y sociales que influyen en el surgimiento de nuevos paradigmas

Es conveniente separar el origen de los nuevos paradigmas y los procesos que permiten dominar algunos de ellos. En primer término se considera el surgimiento de los paradigmas potenciales, es decir, la generación de oportunidades nacionales de la innovación radical que entraña nuevas bases de conocimientos, nuevas heurísticas de búsqueda y nuevos proyectos dominantes.

12. Véase en este número el trabajo de A. Vera-Cruz, J. C. Villa Soto y A. Villegas, “El subsistema nacional de innovación en biotecnología: el papel de los centros de investigación en México”.

13. R. Nelson y S. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, 1982, y S. Winter, “Schumpeterian Competition Under Alternative Technological Regimes”, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1984.

10. G. Dosi, K. Pavitt y L. Soete, *The Economics of Technical Change and International Trade*, Harvester Wheatsheaf Press, Londres, 1990.

11. *Ibid.*

En los textos sobre el tema se encuentran arquetipos interpretativos por demás diferentes. Una primera clase de modelos está impregnada de un considerable "determinismo tecnocientífico": el progreso en la ciencia pura determina los avances en las oportunidades tecnológicas que, a su vez, determinan los logros tecnológicos alcanzados. Esta interpretación del cambio tecnológico se encuentra principalmente en los archivos de los otrora países socialistas, donde se encuentran numerosos ejemplos de los modelos lineales más sencillos que van de la ciencia a la tecnología y a la producción.

La interpretación sobre la producción que se da a los estudiantes de economía en los libros de texto es más compleja, aunque básicamente del mismo tipo. Mantiene la misma secuencia lineal básica de ciencia a oportunidades tecnológicas a producción, pero sostiene que la ciencia sólo genera los modelos nocionales, mientras que un algoritmo microeconómico optimizante hace una selección entre ellos. Este análisis parte de algunas suposiciones atrevidas sobre la naturaleza del apoyo empírico micro (por ejemplo, continuidad, convexidad, etc.).

A partir de ahí, la teoría de la producción se presenta generalmente como una aplicación de métodos de maximización restringida, que pretende capturar el comportamiento del *homo economicus*, el cual enfrenta diferentes opciones en la combinación de los factores y de donde también resultan las propiedades generales de las industrias o de las economías en su conjunto.

Sin embargo, como Chris Freeman, Nathan Rosenberg y otros autores han demostrado de modo convincente, la evidencia histórica descarta la aplicabilidad general de los modelos lineales de innovación. Pueden encontrarse muchos ejemplos contrarios: el lapso entre los avances científicos y su aplicación tecnológica puede variar desde unos cuantos meses (como en el caso del transistor) hasta siglos; la innovación tecnológica realmente precede al descubrimiento científico del principio general a partir del cual funcionan las tecnologías (como en el caso de las lámparas eléctricas), y los avances científicos pueden basarse en la invención de nueva maquinaria y no a la inversa (considérese la importancia del microscopio electrónico para los descubrimientos científicos subsecuentes en biología).¹⁴

Es muy difícil reducir las decisiones innovadoras a las opciones para asignar recursos. Los economistas evolucionistas y los teóricos de la opción racional, como K. Arrow, han destacado que casi por definición la innovación se refiere al logro de algo nuevo o por lo menos en parte inesperado. Así, el estudio del origen de las decisiones innovadoras en el marco de los nuevos paradigmas pertenece más bien al campo de las

investigaciones institucionales y organizacionales sobre las condiciones que aceleran las actividades empresariales y no al de los modelos de comportamiento racional.

De hecho, hay motivos para creer que no es posible elaborar una teoría general sobre el surgimiento de nuevos paradigmas tecnológicos. Sin embargo, lo que sí podría emprenderse es: a) un análisis de las condiciones necesarias para que ocurra ese surgimiento; b) taxonomías históricas y modelos apreciativos del proceso del cual se deriva, y c) taxonomías y modelos de los procesos de competencia entre diferentes paradigmas y su difusión.

Respecto al primer inciso, puede encontrarse que la existencia de ciertas oportunidades tecnológicas inexploradas, junto con la base de conocimiento relevante y un mínimo de condiciones de adecuación, sólo defina los límites del conjunto de nuevos paradigmas potenciales. Los que realmente se exploren de este conjunto podrían depender de manera crucial de una dinámica organizacional y social específica. Así, por ejemplo, existe evidencia de que el paradigma de la microelectrónica se forjó en sus primeras etapas a partir de los requerimientos militares.¹⁵ David Noble argumenta que el paradigma de las máquinas herramienta NC, pese a que él no utiliza dicha expresión, ha estado determinado por los procesos de administración y organización de la mano de obra.¹⁶ En la historia de la tecnología se encuentran varios ejemplos de esta clase. El punto es que diversas instituciones (empresas y dependencias oficiales), grupos sociales e incluso personas en lo individual (innovadores y empresarios) actúan como seleccionadores *ex ante* de los objetivos de la investigación, los enfoques tecnoeconómicos que se les debe dar y la base de conocimientos a la que debe recurrirse. De esa manera, seleccionan los nuevos paradigmas que realmente se exploran.

Existe una historia teórica mucho más general sobre el desarrollo, la difusión y la competencia entre los paradigmas (alternativas posibles) que realmente se exploran. Puede explicarse mediante tres modelos: los evolutivos explícitos,¹⁷ los estocásticos dependientes de una trayectoria,¹⁸ y los socio-

15. G. Dosi, *Technical Change...*, *op. cit.*, y T.J. Misa, "Military Needs, Commercial Realities and the Development of the Transistor, 1984-1958", en M.R. Smith (ed.), *Military Enterprise and Technological Change*, MIT Press, Cambridge, Mass, 1985.

16. D. Noble, *Forces of Production*, Knopf, Nueva York, 1984.

17. R. Nelson y S. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, 1982, y G. Silverberg, G. Dosi y L. Orsenigo, "Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-Organization Model", *Economic Journal*, 1988.

18. B. Arthur, "Competing Technologies", en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson y L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Frances Pinter, Londres, 1988; B. Arthur, Y. Ermoliev y Y. Kaniovski, "Path Dependent Processes and the Emergence of Macro Structure", *European Journal of Operational Research*, núm.

14. N. Rosenberg, "Critical Issues in Science Policy Research", *Science and Public Policy*, diciembre de 1991.

lógicos del desarrollo de las redes.¹⁹ Los ingredientes básicos de la historia son: a) ciertas dinámicas en los rendimientos crecientes (por ejemplo, en el aprendizaje); b) externalidades positivas en la producción o el uso de la tecnología; c) formación de expectativas endógenas; d) algunas dinámicas del mercado que selecciona *ex post* entre los productos, e indirectamente entre las tecnologías y las empresas, y e) desarrollo progresivo de normas e instituciones que incluyen y reproducen formas específicas de conocimiento, normas de comportamiento y los incentivos correspondientes.

Los sistemas nacionales de producción e innovación

De la tecnología en escala microeconómica a los sistemas nacionales de innovación

Hasta aquí se han analizado paradigmas, trayectorias o conceptos equivalentes en el ámbito de la tecnología en escala micro. Se ha argumentado que aparentemente una teoría de la innovación y de la producción basada en paradigmas concuerda en gran medida con las evidencias sobre la naturaleza acumulativa del cambio tecnológico, la heterogeneidad en escala micro y las brechas tecnológicas. Esta interpretación sigue líneas similares a las teorías de la producción que toman en cuenta los rendimientos crecientes de tipo dinámico, desde A. Young y Kaldor hasta las recientes formalizaciones, más rigurosas, de los modelos de difusión de las innovaciones. En éstos la interacción de las decisiones micro, el aprendizaje y las externalidades dan lugar a trayectorias dinámicas irreversibles. Así, las tecnologías dominantes pueden muy bien ser inferiores, en cualquier medición de prosperidad, respecto de otras nacionales, debido al peso de su historia (modelos de B. Arthur y P. David).

Son numerosas y complejas las etapas que conducen de una teoría microeconómica de la innovación y la producción a análisis más globales. Una de las primeras preguntas obvias se refiere a la posibilidad de identificar una relativa coherencia y vínculos estructurales con campos de observación más amplios.

De hecho, algunos historiadores de la tecnología, entre otros T. Hughes, B. Gilles y P. David, subrayan la importancia de los sistemas tecnológicos, o sea, en la terminología de este artículo, de las combinaciones estructuradas de paradigmas

30, 1987; G. Dosi y Y. Kaniovsky, "On Badly Behaved Dynamics. Some Applications of Generalized Urn Schemes to Technological and Economic Change", *Journal of Evolutionary Economics*, 1994, y P. A. David, "Path-Dependence: Putting the Past Into the Future of Economics", *Discussion Paper*, Stanford University, 1989.

19. M. Callon, "Technological Development and Adoption Networks", Conferencia sobre Evaluación de la Tecnología Constructiva, Twente, Holanda, septiembre de 1991.

tecnológicos en escala micro,²⁰ por ejemplo, las fascinantes reconstrucciones del nuevo sistema de electrificación y sus estándares.

Freeman y Pérez plantearon la noción de paradigmas tecnoeconómicos para definir de manera sintética los sistemas de producción, innovación y gobierno de las relaciones sociales en escala macro.²¹ Identifican fases generales de desarrollo industrial relativamente isomórficas respecto de la noción de "régmenes de regulación socioeconómica", propuesta sobre todo en la literatura de los macroinstitucionalistas franceses.²²

En general, es posible identificar períodos largos de desarrollo capitalista con base en las relaciones entre los principales actores sociales (es decir, empresas, trabajadores, bancos, autoridades políticas colectivas, etc.). De este modo, los patrones de avance tecnológico y de cambio institucional inevitablemente se combinarán de forma tal que darán lugar a regularidades identificables durante largo tiempo en la mayor parte de las estructuras económicas y políticas. Para dar sólo un ejemplo, en las tres primeras décadas posteriores a la segunda guerra mundial, en la mayor parte de las economías desarrolladas es posible identificar a grandes rasgos cierto régimen "fordista-keynesiano" de "regulación socioeconómica" impulsado por importantes oportunidades de innovación en las tecnologías electromecánicas, de química sintética y en la explotación de fuentes de energía relativamente baratas. En este régimen se han reproducido ciertas formas específicas de gobierno institucional de los conflictos industriales, distribución de los ingresos y administración de la demanda agregada. De manera análoga, en una etapa más temprana de la historia de la industria puede detectarse algún arquetipo de "régimen clásico-victoriano", cuyo crecimiento recibe el impulso de la explotación de la manufactura textil y la mecanización de los procesos productivos, los mercados de trabajo relativamente competitivos y los esfuerzos políticos para expandir mercados privilegiados, entre otros factores.

Estas conjeturas generales sobre las fases o regímenes históricos se basan en la importancia del crecimiento y el desarrollo de combinaciones específicas entre los sistemas tecnológicos y el gobierno de las relaciones socioeconómicas. Este enfoque también puede aplicarse al análisis de diferencias y

20. P. David, "Heros, Herds and Hysteresis in Technological History: Thomas Edison and the Battle of the System", *Industrial and Corporate Change*, vol. 1, núm. 1, 1992.

21. C. Freeman y C. Pérez, "Structural Crisis of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour", en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson y L. Soete (eds.), *op. cit.*

22. M. Aglieta, *Regulation et crises du capitalisme*, Calmann-Levy, París, 1976; R. Boyer, "Technical Change and the Theory of Regulation" y "Formalizing Growth Regimes Within a Regulation Approach", en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson y L. Soete (eds.), *op. cit.*

semejanzas del patrón de desarrollo en los países de industrialización reciente.

Por ejemplo, la interacción de las relaciones socioeconómicas en el mercado laboral y el patrón de acumulación tecnológica muestran cómo las especificidades de las instituciones del mercado laboral originan círculos virtuosos o viciosos de desarrollo en diferentes períodos de la historia.²³

Como paso intermedio hacia la identificación de los regímenes socioeconómicos nacionales, se examinan la anatomía y el desarrollo de sistemas específicos de innovación y producción en el ámbito nacional, incluyendo distintos mecanismos y direcciones de aprendizaje basados en la ya esbozada teoría de la producción e innovación en el ámbito micro.

Incluso si los paradigmas micro presentan características similares entre los países, el modo en que los diferentes paradigmas se combinan con los sistemas tecnológicos amplios e incluso con los sistemas nacionales de producción e innovación, muestra una variedad considerable. Ésta se asocia a las instituciones específicas por país, las políticas y los factores sociales. En este caso, la hipótesis es que las bases evolutivas en escala micro constituyen un punto de partida fructífero para una teoría que demuestre cómo las brechas tecnológicas y las diferencias institucionales nacionales pueden reproducirse conjuntamente en el tiempo.

Para explicar con más detalle esta hipótesis es necesario analizar los componentes y las propiedades de estos sistemas nacionales, que en la literatura reciente se han descrito con varios conceptos que se traslapan ampliamente, como la capacidad tecnológica total de cada país, los sistemas de innovación nacionales, la capacidad tecnológica nacional y los sistemas nacionales de producción.²⁴

23. J. Aboites, "Régimen de acumulación, relación salarial y crisis en México", ponencia presentada en la Conferencia sobre la Teoría de la Reglamentación, Barcelona, junio de 1988; R. Boyer, "Do Labour Institutions Matter for Economic Development?", ponencia presentada en el taller sobre Instituciones Laborales y Desarrollo Económico en Asia, Bali, febrero de 1992; O. Cetrangolo, "Import Substitution and Industrialization Policy in Argentina under Perón", mimeo., IDS, Sussex, 1988; *State and Industrial Development in Argentina*, tesis, IDS, Sussex, 1988; M. Cimoli, "Industrial Structures, Technical Change and the Modes of Regulation in the Labour Market. The Case of Latin American Countries", DRC Discussion Paper, núm. 60, SPRU, Universidad de Sussex, 1988; *Technology, International Trade and Development: A North-South Perspective*, Universidad de Sussex, 1990, y B. Coriat y J. Saboia, *Régime d'accumulation et rapport salarial au Brésil (des années 1950 au années 1980)*, Universidad de París, 1987.

24. M. Cimoli y G. Dosi, "Technology and Development. Some Implications of Recent Advances in the Economics of Innovation for the Process of Development", en A. Wad (ed.), *Science, Technology and Development: A Critical Perspective*, Westview Press, Boulder, Colorado, 1988; "The Characteristics of Technology and

En este artículo se afirma que tres bloques importantes definen las especificidades de los sistemas nacionales de producción e innovación:

1) Existe la idea de que las empresas son un depositario crucial (aunque no exclusivo) de conocimiento, en gran medida inmerso en sus rutinas operativas que se modifican en el tiempo debido al cambio de las normas de comportamiento y estrategias (como las decisiones en el campo de la investigación y sus decisiones relativas a la integración vertical y la diversificación horizontal).

2) Las empresas están insertas en redes de vínculos con otras empresas y también con organizaciones no lucrativas (como organismos públicos, por ejemplo). Estas redes o su carencia incrementan o limitan las oportunidades de enfrentar a cada una de las empresas para mejorar su capacidad para resolver problemas.²⁵

3) Los sistemas nacionales incorporan también una noción general sobre los comportamientos microeconómicos en un conjunto de relaciones sociales, reglas y obligaciones políticas.²⁶ Incluso en una escala micro adecuada las trayectorias tecnológicas pueden originar un concepto en gran medida social: "Éste lleva... a las organizaciones y personas comprometidas con el sistema por diferentes intereses con empresas manufactureras, laboratorios de investigación y desarrollo, banca de inversión, instituciones educativas y organismos reguladores".²⁷ Estos intereses e instituciones están apoyados por los rendimientos crecientes y la naturaleza local de la mayor parte de las actividades de aprendizaje. Aún más, limitándose al sistema, la interpretación que aquí se presenta es coherente y se complementa con los enfoques ins-

the Development Process: Some Introductory Notes", en M. Chatterji (ed.), *Technology Transfer in the Less Developing Countries*, Macmillan, Londres, 1990; D. Ernest y D. O'Connor, *Technology and Global Competition*, OCDE, París, 1989; S. Lall, "India's Technological Capacity: Effects on Trade, Industrial Science and Technology Policies", en M. Fransman y K. King (eds.), *Technological Capability in the Third World*, Macmillan, Londres, 1984; "Technological Capabilities and Industrialization", *World Development*, núm. 20, 1992, pp. 165-186; B. Lundvall, *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, Londres, 1992; R. Nelson (ed.), *National Systems of Innovation*, Oxford University Press, Oxford, 1993, y J. Zysman, "How Institutions Create Historically Rooted Trajectories of Growth", *Industrial and Corporate Change*, en prensa.

25. Véase en este número J.M. Corona, G. Dutrénit y C. A. Hernández. "La interacción productor-usuario de innovaciones: una síntesis del debate actual".

26. M. Granovetter, "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", *American Journal of Sociology*, núm. 91, pp. 481-510.

27. T. J. Misa, "Constructive Technology Assessment: Cases, Concepts, Conceptualization", Conferencia sobre Evaluación de la Tecnología Constructiva, Twente, Holanda, septiembre de 1991.



n general, es posible identificar períodos largos de desarrollo capitalista con base en las relaciones entre los principales actores sociales (es decir, empresas, trabajadores, autoridades políticas colectivas, etc.). De este modo, los patrones de avance tecnológico y de cambio institucional inevitablemente se combinarán de forma tal que darán lugar a regularidades identificables durante largo tiempo en la mayor parte de las estructuras económicas y políticas

titucionales basados en la observación de que los mercados no existen, o no funcionan, fuera de las reglas e instituciones que los establecen, y que “la estructura institucional de la economía determina un patrón distinto de vínculos e incentivos” que define los intereses de los participantes y a la vez da forma a sus comportamientos y los canaliza.²⁸

Paradigmas, rutinas, organizaciones

Un tema clásico del análisis de la interrelación del aprendizaje tecnológico y el cambio organizacional es sin duda, según Alfred Chandler, la reconstrucción de los orígenes de la empresa multidivisional moderna (la forma M) y los consiguientes efectos en el liderazgo de la competencia estadounidense durante varias décadas.²⁹ Tal como argumentó recientemente el propio Chandler, existen relaciones estrictas entre la historia y las teorías evolucionistas.

28. J. Zyzman, “How Institutions Create Historically Rooted Trajectories of Growth”, *Industrial and Corporate Change*, en prensa. El segundo bloque, o sea las redes, en cuanto constituye el equivalente de una externalidad o de algún mecanismo para la generación de conocimientos que abarca a toda la economía, también es captado, aunque de manera muy simplificada, por las nuevas teorías del crecimiento. A la inversa, el primer elemento y el tercero son característicos de análisis evolutivos-institucionalistas. Éstos representan también puntos de relación importantes entre las teorías evolutivas, la economía de la organización y la historia de los negocios.

29. A. D. Chandler, *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1990;

Si bien no es posible entrar en detalles sobre la riqueza del análisis chandleriano, baste citar uno de sus principales mensajes: “La institucionalización del aprendizaje, implícita en el desarrollo de productos y procesos, privilegió a las empresas ya establecidas frente a quienes se iniciaban en la comercialización de las innovaciones tecnológicas.

”El desarrollo siguió siendo un proceso sencillo que en general entrañaba una amplia variedad de habilidades, experiencias y conocimientos muy específicos de cada producto. Se requería de una estrecha interacción de funciones específicas, como diseñadores, ingenieros, gerentes de producción, vendedores y administradores... esas personas tenían que coordinar sus actividades, en especial en los procesos productivos y al colocar los nuevos productos en el mercado...

”Las empresas con líneas de producción estables habían conservado sus ingresos como fuente de capital no costoso y con frecuencia se habían especializado en las funciones organizacionales y técnicas no disponibles para nuevas empresas”.³⁰ Esta dinámica organizacional puede interpretarse co-

”Corporate Strategy, Structure and Control Methods in the United States during 20th Century”, *Industrial and Corporate Change*, 1992, pp. 263-284; “Learning and Technological Change: The Perspective from Business History”, en R. Thomson (ed.), *Learning and Technical Change*, Macmillan Press, Londres y Nueva York, 1993 y “Organizational Capabilities and the Economic History of the Industrial Enterprise”, *Journal of Economic Perspective*, vol. 6, núm. 3, 1992.

30. A.D. Chandler, “Learning...”, *op. cit.*, p. 37.

mo una historia evolutiva de acumulación de competencia y desarrollo de rutinas organizacionales específicas.³¹

¿Las formas organizacionales aparentemente superiores se difunden con igualdad en todo el mundo?

De hecho, la empresa chandleriana se difunde, aunque más bien con lentitud, en otros países de la OCDE.³² No obstante, el desarrollo de las formas, las estrategias y los métodos de control organizacionales han variado de un país a otro debido a los distintos ambientes nacionales.³³ Por otra parte, la difusión de las empresas arquetípicas tipo M se ha limitado a media docena de países desarrollados (e incluso en algunos, como Italia, en muy pocas empresas, si es que hay alguna). En los procesos de difusión internacional de los principios estadounidenses de organización del trabajo, como el taylorismo y el fordismo, es posible encontrar diferencias de ese estilo.³⁴ El interés principal de este artículo se centra, precisamente, en estas variaciones y en los diferentes patrones de aprendizaje que entrañan.

Así, por ejemplo, un número cada vez mayor de estudiosos rastrea algunas de las raíces de las especificidades de los sistemas de producción alemán, japonés e italiano que influyen y determinan la forma contemporánea de organización y aprendizaje.³⁵

En los países en desarrollo se observan en mayor medida condiciones de organización iniciales muy diferentes, historias organizacionales distintas y, en conjunto, diversos patrones de aprendizaje.

Durante los tres últimos decenios los países en desarrollo han mostrado una mayor dinámica tecnológica asociada con un desarrollo subsecuente de sus estructuras industriales. Esto ha causado un importante progreso tecnológico en los países de industrialización reciente, algunos de los cuales se han convertido en exportadores de tecnología.

El proceso evolutivo de aprendizaje tecnológico se relaciona con la capacidad para adquirir tecnologías (bienes de capital, experiencia técnica, etc.) y para absorberlas y adaptarlas a las condiciones locales. En la actualidad se dispone de una buena cantidad de pruebas microeconómicas-microtecnológicas

que destacan los mecanismos que estimulan y limitan el aprendizaje endógeno en las naciones de industrialización reciente.³⁶ Sin hacer justicia a la riqueza de estas contribuciones, parecen sugerir características comunes que describen el proceso de aprendizaje tecnológico y las actividades de organización en el ámbito de la empresa.³⁷ En particular, es preciso identificar ciertas secuencias relativamente estables de los procesos de aprendizaje condicionados a las características organizacionales iniciales de las empresas y los sectores de actividad principal. Un primer conjunto de regularidades tiene que ver con las diferentes combinaciones entre la adquisición de tecnologías externas y el aprendizaje endógeno.

En los años sesenta y setenta los flujos de tecnología a las economías en desarrollo crecieron con rapidez y durante los ochenta la intensidad del proceso se redujo.³⁸ Como es bien sabido, la tecnología transferida a los países en desarrollo es usualmente una fuente para el desarrollo de la capacidad de aprendizaje en la empresa y el sector.³⁹

36. M. Bell "Technical Change in Infant Industry: A Review of Empirical Evidences", mimeo., SPEU, Sussex, 1982; C. Dahlman y L. Westphal, "Technological Effort in Industrial Development: A Survey", en F. Stewart y J. James (eds.), *The Economics of New Technology in Developing Countries*, Frances Pinter, Londres, 1982; J. Katz, "Technological Change in the Latin American Metalworking Industry", *CEPAL Review*, 1983; "Domestic Technological Innovations and Dynamic Comparative Advantage", *Journal of Development Economics*, 1984; "Technological Innovation, Industrial Organization and Comparative Advantages of Latin America Metalworking Industries", en M. Fransman y K. King (eds.), *Technological Capability in the Third World*, Macmillan, Londres, 1984; *Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana*, CEPAL, Buenos Aires, 1986; *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*, Macmillan Press, Londres, 1987; S. Lall, *Developing Countries in the International Economy*, Macmillan Press, Londres, 1981; L. Kim y C. Dahlman, "Technology Policy for Industrialization. An Integrative Framework and Korea's Experience", *Research Policy*, núm. 10, 1992, pp. 437-452; S. Teitel, "Towards an Understanding of Technical Change in Semi-Industrial Countries", *Research Policy*, 1981; "Technology Creation in Semi-Industrial Economies", *Journal of Development Economics*, núm. 16, 1984, y "Towards Conceptualisation of Technological Development as an Evolutionary Process", en J. Dunning y U. Mikoto (eds.), *Structural Change, Economic Interdependence and World Development*, Macmillan Press, Londres, 1987; M. Teubal, "Innovation and Development: A Review of Some Work at the IDB/ECLA/UNDP Programme", en J. Katz (ed.), *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*, Macmillan Press, Londres, 1987, y H. Pack y L. Westphal, "Industrial Strategy and Technological Change: Theory Versus Reality", *Journal of Development Economics*, 1992, pp. 87-128.

37. M. Cimoli, *Technology, International Trade...*, op. cit., y M. Cimoli y G. Dosi, "Technology and Development...", op. cit.

38. UNCTAD, *Transfer and Development of Technology in a Changing World Environment: The Challenges of the 1990s*, Informe del Secretariado de la UNCTAD, Ginebra, 1991.

39. A. Amsden y T. Hikino, "Staying Behind, Stumbling Back,

31. A. D. Chandler, "Organizational...", op. cit..

32. A.D. Chandler, *Scale and Scope...*, op. cit. y B. Kogut, "National Organizing Principles of Work and the Dominance of the American Multinational Corporation", *Industrial and Corporate Change*, 1992.

33. A.D. Chandler, "Corporate Strategy...", op. cit., p. 283.

34. B. Coriat, *Pensée l'envers*, Bourgeois, París, 1990.

35. A.D. Chandler, *Scale and Scope...*, op. cit.; B. Coriat, op. cit.; K. Nakawa, "Business Management in Japan. A Comparative Historical Study", vol. 2, núm. 1, 1993, y B. Kogut (ed.), *Country Competitiveness*, Oxford University Press, Oxford, 1993.

En general, el desarrollo del patrón de aprendizaje puede explicarse a partir de las principales actividades de la empresa: a] la adquisición de una tecnología relacionada con el paradigma imperante en el mundo desarrollado; b] la adaptación o modificación en el ambiente nacional, y c] la creación de nuevas capacidades innovadoras respecto de productos y procesos.

La modificación de la tecnología adoptada entraña el aprendizaje de nuevas habilidades de producción y continúa con la adaptación de estas capacidades a la especificidad local. En esta etapa se obtiene una cantidad significativa de aprendizaje tecnológico así como innovaciones incrementales. Cabe anotar, sin embargo, que el proceso de aprender haciendo no es inevitable; por el contrario, requiere de condiciones de organización adecuadas, tanto en cada empresa como en su entorno. Es interesante destacar que las características iniciales de las organizaciones empresariales parecen ejercer gran influencia en la dinámica subsiguiente. Por ejemplo, hay pruebas de que en las últimas cuatro décadas (1950-1990) en algunos países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Colombia, México y Venezuela) la evolución del aprendizaje organizacional y tecnológico se ha evidenciado en cuatro tipos de empresas, clasificadas sobre todo por el tipo de propiedad: filiales de empresas transnacionales, unidades familiares, compañías nacionales y empresas públicas.⁴⁰

Aparentemente, la empresa familiar se caracteriza por su gran "propensión a la autosuficiencia y al autofinanciamiento" y la "habilidad mecánica de un individuo"; con frecuencia se deriva de empresarios inmigrantes. La tecnología adquirida se relaciona con los conocimientos técnicos del empresario y la fase inicial se distingue por la adopción de un modo de producción discontinuo.⁴¹ En un principio la producción se caracterizaba por sus bajas economías de escala (también como consecuencia de las limitaciones del mercado interno y los problemas para explotar las posibilidades de exportación).

La trayectoria ideal de aprendizaje de una empresa familiar sudamericana que progresa en materia de tecnología sería más

Sneaking Up, Soaring Ahead: Late Industrialization in Historical Perspective", en W. Baumol, R. Nelson y E. Wolff (eds.), *International Convergence of Productivity with Some Evidence from History*, Oxford University Press, Oxford y Nueva York, 1993, p. 37.

40. La información sobre las diferentes fases de acumulación tecnológica de las empresas se tomó de estudios de caso de los programas de IDB, ECLA y UNDP y de resúmenes de los hallazgos de investigación de J. Katz, S. Teitel y M. Teubal (las obras citadas en la nota 36) y de J. Berlinski, H. Nogueira da Cruz, D. Sandoval y M. Turkieh, "Basic Issues Emerging from Recent Research on Technological Behaviour of Selected Latin American Metalworking Plants", *CEPAL Working Paper*, núm. 56, 1982.

41. Dos de las alternativas para organizar la producción, concretamente, la continua y la discontinua, son importantes también para el análisis de los patrones de aprendizaje.

o menos como sigue: a] el esfuerzo se concentra en el diseño de productos (quizá sobre todo por el incentivo de las políticas de sustitución de importaciones del pasado) y, cada vez más, en incrementar la calidad y la diferenciación de productos, y b] la atención se centra en la ingeniería de procesos, la organización de la producción y la explotación de las economías de escala hasta lograr una mayor mecanización de la producción. Durante este proceso se modificará la organización familiar original y la empresa se administrará de manera más formal.

Para las filiales de empresas extranjeras la información proviene del conjunto de estudios de caso mencionados y la situación es muy diferente. Los conocimientos y las tecnologías provienen de la empresa modelo y el aprendizaje se relaciona con la adaptación de los productos al entorno del país y la reclasificación de las líneas de producción. En algunos casos, la filial logra desarrollar una importante autonomía en diseño de productos y procesos.

Las empresas propiedad del Estado tienen un modelo de aprendizaje diferente: a] tienden a concentrarse en sectores considerados "estratégicos", generalmente industrias de procesamiento, como la acerera o la petroquímica básica, y en ciertos países, la aeroespacial o la militar; b] en general las estrategias obedecen a consideraciones políticas, y c] con frecuencia el aprendizaje se inicia mediante contratos con los proveedores internacionales de equipo. En un escenario "saludable" —que no es la regla— los convenios de transferencia internacional de tecnología consideran la adaptación de las plantas y las tecnologías a las circunstancias del país receptor, lo que incluye la capacitación del personal y el aprendizaje. También en estos casos se llega a desarrollar cierta autonomía respecto de la actualización de las plantas productivas y la ingeniería de procesos.

En las grandes empresas nacionales es difícil rastrear algún tipo de patrón; algunas veces parecen seguir modelos similares a las familiares, en otras tienen comportamientos similares a los grupos empresariales del oriente asiático y en otras más el aprendizaje parece estar más encaminado a explotar ventajas políticas y oportunidades financieras que a la acumulación tecnológica. Es interesante comparar estos esbozos de "trayectorias empresariales" latinoamericanas con otras experiencias, como la coreana.⁴²

42. A. Amsden, *Asia's Next Giant: South Korea and the Last Industrialization*, Oxford University Press, Oxford, 1989; A. Amsden y T. Hikino, "Staying Behind, Stumbling...", *op. cit.*, y "Project Execution Capability, Organizational Know How, and Conglomerate Corporate Growth in Late Industrialization", ponencia preparada para *Industrial and Corporate Change*, 1993; M. Bell y Pavitt, "Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries", SPRU, Universidad de Sussex, Sussex, 1993, y S. Lall, "Technological Capabilities...", *op. cit.*

Los principales beneficiarios del aprendizaje tecnológico de Corea han sido los grandes grupos empresariales –los *chaebols*–, pues desde las primeras etapas de su desarrollo lograron asimilar las habilidades necesarias para discriminar entre las tecnologías adquiridas en el exterior y utilizarlas y adaptarlas para incrementar de manera importante su habilidad técnica.

En Taiwan el aprendizaje organizacional se ha apoyado sobre todo en grandes redes de pequeñas y medianas empresas muy abiertas a los mercados internacionales y con frecuencia han desarrollado una capacidad de producción complementaria a la de las empresas del primer mundo.⁴³

La lista de los diferentes patrones de aprendizaje organizacional podría ser larguísima. Empero, lo que importa señalar es que el ritmo y la dirección del aprendizaje no son independientes de la forma en que las organizaciones empresariales surgen, cambian, desarrollan una forma particular para resolver sus problemas, se diversifican, etcétera.

Redes intersectoriales y capacidad de producción

No hay duda de que los diferentes patrones de aprendizaje y cambio organizacional de cada país (o la falta de ellos) se vinculan al intercambio de bienes, la transferencia de los conocimientos entre los sectores y las entidades institucionales. ¿Es posible identificar ciertas regularidades generales en los procesos de construcción de sistemas comunes a varios países?

Conviene conservar la distinción entre desarrollar una “capacidad de producción” y una “tecnológica”.⁴⁴ La primera se nutre de recursos, de la especificidad de las tecnologías incorporadas en los bienes de capital, de la habilidad de la mano de obra, de la especificación de productos e insumos y de las rutinas organizacionales en uso. La capacidad tecnológica se apoya en el conocimiento y los recursos solicitados para la generación y la administración del cambio técnico. En el desarrollo de la capacidad de producción de una nación parece haber ciertos patrones, aunque más bien vagos. Por ejemplo, prácticamente todos los países empiezan con la fabricación de prendas de vestir y textiles, quizá con el procesamiento de recursos naturales, y avanzan –si lo hacen– a actividades más complejas, que exigen mayores conocimientos. Con todo, es difícil saber si hay actividades con un estatus especial en la construcción de un sistema nacional de producción e innovación, debido a la distinta potencialidad de cada activi-

dad productiva en igualdad de circunstancias para facilitar el desarrollo de su capacidad tecnológica. Esta conjetura no es nueva y se encuentra también en nociones contemporáneas, como las de *filiere* o los “bloques de desarrollo” de Dahmen, pero podría cobrar fuerza sobre la base de la microeconomía evolutiva.

Cuando se abandona una perspectiva del desarrollo basada en la dotación de los factores y la perfección en las señales del mercado, para concentrarse en las condiciones que determinan el patrón de aprendizaje tecnológico-organizacional, entonces es posible apreciar la diversidad de las fuentes en las oportunidades de aprendizaje y sus diferentes potenciales económicos.

De hecho, se dispone de buenas pruebas circunstanciales de países contemporáneos y de industrialización tardía (como lo fueron en su época Estados Unidos, Alemania, los países escandinavos y Japón entre otros). Hay tecnologías cuyo campo de aplicación es tan amplio y cuya función ha sido tan importante que el patrón de cambio técnico de cada país depende en gran medida de su capacidad para dominarlas en los procesos de producción-imitación-innovación (ejemplos pasados son la ingeniería mecánica, la electricidad y los dispositivos eléctricos; en la actualidad, las tecnologías de la información). En estas circunstancias los vínculos entre las actividades de producción incluyen jerarquías estructuradas, por lo cual los paradigmas tecnológicos más dinámicos actúan como factor determinante para la creación de habilidades tecnológicas, el descubrimiento de nuevas oportunidades para resolver problemas y los estímulos en los incrementos de la productividad.⁴⁵

Estas tecnologías medulares conforman las ventajas-desventajas absolutas generales de un país. En otras palabras, el patrón de cambio técnico de cada nación en estas tecnologías no se promedia con la capacidad tecnológica en otras actividades, sino que son complementarios. Con frecuencia estas tecnologías medulares también implican infraestructuras y redes básicas comunes a una amplia gama de actividades (la red eléctrica, el sistema de autopistas, las telecomunicaciones y, más recientemente, la red de información).

Gran parte de las evidencias empíricas transmiten la idea de que en los países en desarrollo es imposible lograr el dinamismo tecnológico adecuado sin cambios estructurales importantes y la construcción secuencial de un sector de manufacturas cada vez más amplio que incluya también las ha-

43. C. Dahlman y O. Sananikone, “Technological Strategy in Taiwan: Exploiting Foreign Linkages and Developing Local Capabilities”, documento de trabajo, 1990, y D. Ernest y D. O’Connor, *op. cit.*

44. M. Bell y K. Pavitt, *op. cit.*

45. N. Rosenberg, *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1976; D. Chudnovsky, D. Nagao y S. Jacobson, *Capital Goods Production in the Third World: An Economic Study of Technical Acquisition*, Frances Pinter, Londres, 1984, y M. Fransman, *Technology and Economic Development*, Brighton, Wheatsheaf, 1986.

bilidades innatas en un conjunto de tecnologías “medulares”. De ninguna manera se quiere decir que hay una secuencia invariable de sectores industriales que explican la actualización de la capacidad tecnológica nacional (de hecho, ninguna comparación detallada de la composición sectorial de la producción de Estados Unidos, Alemania, Japón, Francia o Italia de 1850 a 1950 o de Corea, Brasil, México, Taiwan y Singapur de 1950 a 1990 lo confirmaría). No obstante, se podrían identificar algunas secuencias en los patrones predominantes de aprendizaje tecnológico.

La taxonomía de los patrones sectoriales de desarrollo y adquisición de conocimientos innovadores señalada por Pavitt es un buen punto de partida. Éste distingue cuatro grupos de sectores industriales: a) el dominado por el proveedor, en que las innovaciones se consideran principalmente como cambios generados de manera exógena en los bienes de capital y los intermedios, así como en los que el aprendizaje se relaciona principalmente con la habilidad para adoptar y producir; b) proveedores especializados que suministran equipo e instrumentos para el sistema industrial, apoyando sus actividades innovadoras tanto en el conocimiento formal (más o menos científico) y el más tácito basado en la relación usuario-productor; c) sectores intensivos de escala cuyas habilidades innovadoras se basan tanto en el desarrollo como en la adopción de equipo innovador, en el diseño de productos complejos, en la explotación de ciertas economías de escala y en la capacidad de dominar organizaciones complejas, y d) sectores basados en la ciencia, cuyas oportunidades para innovar se vinculan directamente con los avances en la investigación básica. No es posible analizar aquí los logros precisos y las aproximaciones descriptivas de dicha taxonomía, desarrollada sobre la base de patrones innovadores revelados en la industria británica durante la posguerra.⁴⁶

Lo que interesa saber es si esa taxonomía puede utilizarse para detectar algunos patrones durante el proceso de desarrollo. El surgimiento del sector de manufacturas se caracteriza en general por una etapa inicial en que se establecen el sector dominado por el proveedor y el proveedor especializado. El proceso de cambio tecnológico en estos sectores se caracteriza por un desarrollo secuencial de diversas formas de aprendizaje tácito e incremental relacionadas con la transferencia y adquisición de tecnologías extranjeras. Estas actividades de aprendizaje se vinculan principalmente con el uso de equipo, el desarrollo de habilidades técnicas y la adaptación de las máquinas existentes y de productos finales específicos a las condiciones ambientales.

46. R. Vernon, “Key Factors in the Application of Industrial Technology in Developing Countries”, mimeo., 1987; G. Dutrénit y M. Capdevielle, “El perfil tecnológico de la industria mexicana y su dinámica innovadora en la década de los ochenta”, *El Trimestre Económico*, vol. 60, núm. 239, México, 1993; M. Cimoli, “Industrial Structures...”, *op. cit.*; M. Cimoli, *Technology, International Trade...*, *op. cit.*, y M. Bell y K. Pavitt, *op. cit.*

El surgimiento de industrias “intensivas de escala”, por analogía con el sector dominado por el proveedor, introduce otras formas de aprendizaje relacionadas con el desarrollo y el uso de bienes de capital. Además, a diferencia de los sectores dominados por el proveedor, los esfuerzos tecnológicos se concentran también en estimular el sinergismo tecnológico entre la producción y el uso de grupos de innovaciones que con frecuencia se asimilan mediante una integración horizontal y vertical; el desarrollo y la adopción de nuevas tecnologías relacionadas con la explotación de economías de escala estáticas y dinámicas, y el impulso de la investigación y el aprendizaje mediante actividades de investigación y desarrollo, que complementan el aprendizaje informal y la difusión de los conocimientos tecnológicos.

En el desarrollo de los sectores basados en la ciencia, el conocimiento fundamental (científico) se explota económicamente con esfuerzos de investigación formalizados. Así, es previsible que el mecanismo típico de aprendizaje incluya costosos procesos de investigación y desarrollo. Si la innovación tiene éxito, el premio suele ser importante: las empresas “schumpeterianas” de éxito con mucha frecuencia crecen y se internacionalizan rápidamente, y la acumulación de progresos tecnológicos a menudo les permite seguir siendo grandes y exitosas.

Uno de los vínculos macro más directos relaciona el desarrollo de los sistemas educativo y científico con la capacidad de aprendizaje de cada tecnología en los diferentes sectores. Obviamente, cada sector tiene sus especificidades. Por ejemplo, en el sector “dominado por el proveedor” y en el de “proveedor especializado”, el grado de alfabetización y las habilidades de la fuerza laboral son muy importantes, así como las capacidades y la competencia técnica de los ingenieros y los diseñadores del área mecánica y cada vez más de la electrónica. En los sectores intensivos de escala, aparentemente también cobrará importancia la inclusión de administradores capaces de dirigir con eficiencia organizaciones complejas. En los sectores basados en la ciencia, la calidad de la educación superior y la capacidad para investigar obviamente son importantes.

Así, los patrones de aprendizaje sectorial y la capacidad nacional general se acoplan de manera dinámica mediante los flujos de insumo-producto y las externalidades específicas de cada entorno. No es posible pensar que la capacidad y los incentivos que surgen del sistema nacional de innovación sean simplemente el resultado de la suma de los factores principales mencionados.

La compleja organización de externalidades, interdependencia e incentivos es un componente implícito que determina la amplitud y la potencialidad de cada sistema nacional, incluyendo un conjunto de interdependencias basadas en derramas tecnológicas, así como en los conocimientos que se com-

plementan y son comunes en distintos sectores. Tanto los vínculos insumo-producto como los flujos tecnológicos contribuyen a dar forma al entorno organizacional y tecnológico en que se desarrollan las actividades tecnológicas. En cierta forma, organizan las externalidades para cada proceso de producción e innovación, incluyendo la disponibilidad de habilidades complementarias; oportunidades-cuellos de botella; información sobre insumos intermedios; innovación de equipos, y estímulos para mejorar ciertos productos.

Según Guerrieri es posible referirse a la taxonomía mencionada para interpretar la dinámica de la capacidad de aprendizaje (y también la interacción entre la capacidad sectorial y el desempeño del mercado internacional).⁴⁷ En esta ilustración ideal, los proveedores especializados introducen los productos innovadores y los insumos de capital en otros sectores, como los intensivos de escala, los dominados por el proveedor y los grupos intensivos en recursos naturales; los productos innovadores de los sectores intensivos en investigación y desarrollo introducen efectos innovadores positivos en toda la estructura industrial. El mejoramiento de ésta se relaciona con la intensidad de los vínculos mencionados, en particular entre los sectores más innovadores y los tradicionales o basados en los recursos naturales.

A pesar de las obvias limitaciones derivadas del descuido de las especificidades de los países, esta interpretación puede utilizarse para comparar los patrones nacionales de producción e innovación de Brasil, Argentina o México con los de Corea o Taiwan. Nótese que se trata de otro nivel de descripción, diferente del tecnológico micro (paradigmas, trayectorias, etc.), y también diferente del organizacional-institucionalista analizado antes. Esta concepción se vincula más directamente con los análisis del cambio y el desarrollo estructural.⁴⁸ Sin duda, la dinámica del desarrollo también se apoya en transformaciones estructurales importantes que incorporan modificaciones en cuanto a la importancia de diferentes ramas de actividad económica como generadoras de innovaciones tecnológicas y organizacionales y de impulsos de demanda. Por ejemplo, en este marco interpretativo, no parece excesivo suponer que la característica de la estructura de producción e importación inevitablemente influirá en factores como la habilidad relativa de un país para absorber su oferta de mano de obra, el cumplimiento de sus obligaciones de balanza externa y el incremento de sus ingresos per cápita.

Estos elementos y las especificidades de cada sistema de producción interactúan con las de los sistemas nacionales de

47. P. Guerrieri, "International Competitiveness. Trade Integration and Technological Interdependence in Major Latin American Countries", presentado en el IX Convenio Científico, Milán, 1993.

48. De entre la vasta literatura destacan Hirschman, Rosenstein-Rodan, Gerschenkron, Prebisch y Lowe; desde un punto de vista más descriptivo, Kuznets, Chenery y Sirquin.


innovación y tienden a crear patrones o trayectorias nacionales reconocibles, determinados por las instituciones que apoyan los avances técnicos y reproducidos a través del tiempo en procesos basados en los conocimientos específicos, organizaciones empresariales y especialización sectorial.⁴⁹

Algunas conclusiones y múltiples vías de investigación

Un elemento importante que relaciona el aprendizaje microeconómico y los patrones nacionales de desarrollo es la incorporación de los incentivos y las formas de organización empresarial en el marco institucional más amplio de la economía de cada país. Basta mencionar que los bloques teóricos microeconómicos y mesoeconómicos se derivan de una perspectiva coevolutiva que, en principio, consiste en análisis institucionalistas que describen los sistemas de producción, innovación y las relaciones socioeconómicas.

De hecho, es posible descubrir muchas relaciones que apenas se empiezan a explorar. Por ejemplo, una perspectiva evolutiva se relaciona con la idea de que los mercados son "construcciones sociales" que, dependiendo de sus reglas y principios de organización, conforman comportamientos micro y mecanismos de ajuste. El énfasis en el aprendizaje y los supuestos de racionalidad limitados concuerdan con la opinión dominante de los economistas políticos y los sociólogos del desarrollo; para éstos los principales ingredientes del desarrollo son el proceso de cambio en las normas sociales, las expectativas y las formas de organización colectiva.

Los patrones de la regulación socioeconómica pueden tener su base micro en los procesos evolutivos subyacentes de la autoorganización, el aprendizaje y la selección. Éstos no son más que unos cuantos ejemplos de un campo más amplio en que las teorías evolucionistas y los análisis institucionales pueden desarrollar un diálogo fructífero. Nociones como las de trayectorias tecnológicas, especificidad organizacional, autoorganización, aprendizaje, dinámica de la selección y muchas otras derivadas de la investigación evolutiva, forman parte de los instrumentos de muchas disciplinas sociales.

En cuanto al tema específico del sistema nacional de innovación y producción se han propuesto algunos bloques que podrían también sentar las bases de las formas institucionales analizadas por una generación anterior de los teóricos del desarrollo de Myrdal a Hirschman, de Rosenstein-Rodan a Gerschenkron. A este respecto, el *tour de force* de los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales sólo debe considerarse como una guía tentativa hacia campos más amplios aún inexplorados. 

49. R. Nelson (ed.), *National Systems of Innovation*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1985.