

DINAMICA TECNOLOGICA

Heberto Tapias García

La hibridación de conceptos de Kondratieff¹, Schumpeter², Nelson y Winter³, y Freeman y Pérez^{4,5} configuran un cuerpo teórico explicativo de la dinámica de la tecnología asociada con el progreso económico.

En el marco de este cuerpo teórico, la sociedad se concibe constituida por dos subsistemas: el tecno-económico y el socio-institucional, cada uno de ellos con su propia dinámica. El primero, con una tasa de cambio más alta que el segundo, desata transformaciones socio-institucionales debido a la crisis estructural producida por las revoluciones científicas o el proceso de "destrucción creativa" como lo llamó Schumpeter.

Se postula en estas teorías que los ciclos de onda larga en el comportamiento de la economía mundial son el resultado de la resistencia ofrecida por el subsistema socio-institucional a las transformaciones requeridas para adaptarse a los cambios tecnológicos generados por una revolución tecnológica. Estas revoluciones tecnológicas son el núcleo generador de cambios masivos y fundamentales en los agentes económicos, en virtud de que proveen una nueva lógica para el logro de la máxima eficiencia y la óptima práctica productiva. Así, las ondas largas de los ciclos económicos representan modos de desarrollo que son respuestas a la aparición de sucesivos estilos tecnológicos o revoluciones tecnológicas. Los modos de desarrollo económico se extienden de depresión a depresión, mientras que las revoluciones tecnológicas lo hacen desde la cresta de un ciclo largo hasta la cresta del siguiente⁶. La onda larga más reciente (fig.1) comenzó con la gran depresión de 1929 y su último período o colapso se inicia aproximadamente en 1975⁷.

El objeto de este ensayo es presentar en forma sucinta los conceptos básicos sobre los que se construye ese cuerpo teórico explicativo de las revoluciones tecnológicas y, por lo tanto, de la dinámica del cambio tecnológico y todas sus transformaciones asociadas.

Para iniciar, puede concebirse que una tecnología tiene un período de vida o de existencia, y por analogía con los seres biológicamente constituidos evoluciona en una secuencia de estados. Es decir, a una tecnología se le puede asociar una concepción, un nacimiento, un crecimiento y desarrollo, y finalmente una muerte u obsolescencia.

Nos referimos en este ensayo a la tecnología, como aquel cuerpo de conocimientos desarrollados por el hombre mediante su actividad científica o empírica, que son utilizados en la producción y comercialización de bienes y servicios; conocimiento que se materializa en equipos, se expresa en información técnica escrita sobre estos equipos, procesos, procedimientos y productos, o que poseen los especialistas como un know-how.

La concepción o gestación de una tecnología la constituye la invención de un nuevo producto o proceso. Este hecho ocurre en la esfera tecnocientífica y se hace posible gracias al estado de desarrollo del conocimiento científico y tecnológico que tenga una sociedad. El nacimiento de una tecnología lo constituye la innovación, definida ésta como la primera introducción comercial de una invención. La innovación es, entonces, un hecho económico. A esta innovación que genera o pone en el mercado un producto o proceso verdaderamente nuevo, se le conoce como una innovación radical. Como tal, este tipo de innovación no surge de una tecnología existente.

El crecimiento, adopción o propagación masiva de una innovación corresponde al proceso de difusión de una tecnología. La difusión, que transforma una innovación en un fenómeno económico-social, es un proceso que se lleva a ritmo variable y en el cual influyen variables políticas, sociales y de mercado.

A medida que una tecnología se difunde puede experimentar sucesivas mejoras o cambios. Estos cambios introducidos en los procesos o en los productos se denominan innovaciones incrementales. “Los aumentos en la eficiencia técnica, la productividad, y la precisión en los procesos, los cambios en los productos para elevar su calidad o reducir su costo o ampliar la gama de sus posibles usos, caracterizan la dinámica evolutiva de una tecnología”⁸. Esa dinámica tiene una lógica predecible, denominada trayectoria natural o también paradigma tecnológico. Es esta trayectoria o lógica que hay detrás del cambio de una tecnología lo que permitiría hacer predicciones o prospectiva tecnológica.

Las innovaciones incrementales o cambios acumulativos en una tecnología explican los cambios incrementales en productividad y la modificación de los índices de productividad en la matriz insumo-producto de un país. El cambio que producen las innovaciones radicales es mucho más profundo. Ellas generan verdaderas reestructuraciones en el aparato productivo, pues los nuevos rumbos tecnológicos que aparecen dan nacimiento a industrias nuevas*.

El ritmo de introducción de innovaciones incrementales en una tecnología es variable. En los primeros años de vida de una tecnología este ritmo es lento, luego se acelera y finalmente decrece cuando ella se hace madura. Este límite es justamente uno de los estímulos para que nazcan innovaciones radicales.

La muerte u obsolescencia de una tecnología se vislumbra cuando las empresas que la usan van agotando las posibilidades de innovaciones incrementales, viendo estancarse su productividad y viendo amenazados sus niveles de ganancia. En estas condiciones se abandona gradualmente una tecnología y se adopta una nueva. Justamente este proceso de abandono de un modelo productivo por uno nuevo caracteriza el descenso de las ondas largas de Kondratiev.

Las transformaciones de mayor impacto en una sociedad surgen de la combinación de innovaciones interrelacionadas. Esas innovaciones interrelacionadas que afectan técnica y económicamente varias ramas del aparato productivo constituyen los sistemas tecnológicos o tecnologías genéricas como las llaman Nelson y Winter. Es de notar que estas transformaciones no sólo se reducen al campo puramente técnico en los insumos, procesos y productos, sino que conjugan también transformaciones organizativas y de gestión.

El máximo nivel de generalidad para analizar la dinámica tecnológica lo conforma el concepto de revolución tecnológica. Schumpeter calificaba de verdaderas revoluciones tecnológicas a una constelación o conjunto de sistemas tecnológicos coexistentes y con una dinámica común que afectan todo el aparato productivo. La difusión de las revoluciones tecnológicas acaba cubriendo toda la economía y se constituye en la raíz de los auges económicos mundiales. Son ejemplos de estas revoluciones: la revolución industrial en Inglaterra, la era del ferrocarril, la configurada alrededor del motor de combustión interna y la que tiene como núcleo la línea de ensamble y la petroquímica.

¿Cuál es la lógica que conduce a la propagación de una revolución tecnológica? Carlota Pérez propone como hipótesis que “una revolución tecnológica se basa en una modificación radical y duradera en

* Algunos autores como Guimaraes definen la industria como un grupo de firmas cuyo objetivo es la producción de mercancías que son sustitutas próximas entre sí, y por lo tanto suministradas a un mismo mercado. Otros, como Robinson, destacan la semejanza en el proceso de producción.⁹

la dinámica de costos relativos del conjunto de todos los posibles insumos del proceso productivo, estableciendo que algunos tenderán a la baja y otros al alza por largos períodos de tiempo”⁸. Esta tendencia por largo tiempo establece normas de comportamiento que orientan las decisiones de inversión y de innovación, en la medida en que insinúan las combinaciones de factores de producción más eficientes y de menor costo. Esta lógica que conduce la difusión de una revolución tecnológica es lo que se ha dado en llamar un “paradigma tecno-económico”. Llega a ser tal su penetración en la conciencia colectiva que se convierte en el sentido común de inversionistas, ingenieros, etc, para guiar la práctica productiva.

Sugiere también Carlota Pérez, que el vector mediante el cual se incorpora esta lógica en el sentido común y que ejerce una influencia determinante en la estructura de costos, lo constituye un insumo o un conjunto de insumos, al cual llama “factor clave”. Este factor clave juega ese papel cuando cumple los siguientes requisitos⁹ :

- a) su costo relativo debe ser bajo de manera obvia y con tendencia decreciente claramente previsible;
- b) su oferta, a pesar de una demanda creciente, debe aparecer como ilimitada;
- c) su potencial universalidad de usos, para propósitos productivos, debe ser masiva y evidente, y
- d) debe encontrarse en la raíz de un sistema de innovaciones técnicas y organizativas, claramente reconocidas como capaces de cambiar el perfil y reducir los costos de equipamiento, de la mano de obra y de los productos.

Cada auge económico ha sido conducido por un paradigma tecno-económico y con cada paradigma existen ramas motrices de la economía. Son justamente estas ramas las que producen el factor clave y donde se logra el mejor aprovechamiento de las ventajas que éste ofrece. Asociadas con estas

ramas motrices e impulsadas por el crecimiento de una red específica de infraestructura que requiere el paradigma, aparecen otras ramas y actividades inducidas.

Los cambios que provoca un paradigma van más allá del ámbito técnico. El conjunto de transformaciones comprende:

- * nueva concepción de eficiencia para la organización de la producción
- * cambios en la organización de la producción y su gestión
- * menor requerimiento de trabajo por unidad de producto y mayor productividad
- * sesgo hacia el uso intensivo del factor clave
- * nuevo patrón de inversión, orientado hacia los sectores relacionados con el factor clave
- * nueva composición del producto de la economía, con un mayor peso de los productos relacionados con el uso del factor clave
- * redefinición de las escalas óptimas de producción y redistribución de los tamaños de empresa
- * nuevo patrón de localización geográfica de la inversión y de polos de concentración.

La asimilación y propagación de estos cambios requiere también de innovaciones socio-institucionales que favorezcan el paradigma tecno-económico. De hecho, estos cambios no son determinísticos. La conformación del nuevo marco socio-institucional es un proceso gradual de ensayo y error. El conjunto de instituciones que finalmente orienta y regula la economía será el resultado de confrontaciones de las fuerzas sociales y de los arreglos y compromisos entre los diversos grupos. Son estos actores sociales en juego, con sus acciones y sus fuerzas relativas, los que en última instancia definirán el rumbo que tomen las transformaciones en toda la estructura de la sociedad. Esas transformaciones socio-institucionales no sólo son internas en los países sino

que también se plantean a escala mundial para la regulación de las relaciones entre los países.

Una teoría como la esbozada aquí puede servir para percibir tempranamente la frontera técnica de un paradigma tecno-económico vigente y por lo tanto utilizarse como marco de referencia para concebir políticas de desarrollo científico y tecnológico, orientadas a explotar las nuevas oportunidades que ofrece el paradigma en gestación. Esto es posible dado que cuando se hace visible la frontera de un paradigma en agotamiento, ya se han moldeado las características generales del nuevo.

Cada paradigma tecno-económico está signado por un conjunto de rasgos característicos. Los rasgos principales del actual paradigma en agotamiento se pueden sintetizar en:

- * Los procesos y productos son intensivos en materiales y energía.
- * El petróleo barato y los materiales plásticos constituyen el factor clave.
- * Las empresas petroleras, las petroquímicas, las automotrices, y otras productoras de bienes masivos, conforman las ramas motrices.
- * La infraestructura requerida la constituyen básicamente una red de carreteras y un sistema de distribución del petróleo y sus productos.
- * Se requiere mano de obra calificada y especializada para plantas y oficinas.
- * La corporación es el tipo ideal de organización empresarial, con una separación nítida entre la gerencia administrativa y la gerencia de planta. Con jerarquías bien definidas se establecen responsabilidades muy específicas a las unidades administrativas para una administración centralizada.
- * La línea de producción o el proceso continuo para la producción en masa es la organización ideal de la producción.

En contraste, los rasgos característicos del nuevo paradigma son básicamente:

- * Los procesos y productos son intensivos en información.
- * La microelectrónica barata junto con el abaratamiento del manejo y transmisión de información conforman el factor clave.
- * El sector electrónico y de información son las ramas motrices.
- * Se requiere infraestructura de telecomunicaciones y de manejo de información.
- * Aumenta el requerimiento de mano de obra muy especializada y de baja calificación.
- * La organización ideal para el manejo de la empresa es una organización sistematizada, formando un sistema interactivo entre todas las actividades de la organización, con administración descentralizada, autonomía local y coordinación central.
- * La producción flexible y diversificada por lotes se constituye en la organización ideal de la producción. No se abandona la producción en masa.

La capacidad predictiva de las trayectorias de evolución de las tecnologías que ofrece una teoría como la esbozada en este ensayo la convierten en una herramienta poderosa para la prospectiva tecnológica y la planificación del desarrollo científico y tecnológico.

Este conjunto de conceptos tecnoeconómicos también emerge como un conocimiento obligado de gerentes, ingenieros y técnicos para construir una nueva cultura empresarial en la que se privilegie la gestión tecnológica sobre la gestión financiera de las organizaciones, pues “la competitividad industrial en un mercado global hipercompetitivo depende cada vez más de la efectiva gestión de la innovación”⁷ que de la posesión de recursos materiales baratos u otra ventaja comparativa tradicional como la localización geográfica o la mano de obra barata.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Kondratieff, N.D., "The long waves in economic life", *The Review of Economic Statistics*, Vol XVIII, N° 6, November, 1935.
2. Schumpeter, J.S., "Business cycles: A theoretical, historical and statistical analysis of capitalist process", MacGraw-Hill, New York, 1939.
3. Nelson, R.R. and Winter, S.G., "An evolutionary theory of economic change", Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 1982.
4. Freeman, C. and Pérez, C., "Structured crisis of adjustment, business cycles and investment behavior", in "Technical Change and Economic Theory", eds. G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete, Pinter, New York, 1988.
5. Pérez, C., "Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems", *Futures*, October, 1983.
6. Herrera, A.O., "América Latina y la nueva onda de innovaciones", *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 9, N° 1-4, Bogotá, Enero-Diciembre, 1985.
7. Merrifield, D. "Research Consortia: the concurrent management of innovation", in "Innovative Models for University Research", Elsevier. Amsterdam, 1992.
8. Pérez, C., "Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto", *El Sistema Internacional y América Latina, La tercera revolución industrial, Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, Grupo Editor Latinoamericano, 1986.
9. Erber, F.S., "Paradigma tecnológico, complejo industrial y política económica en la microelectrónica", *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol 9, N° 1-4, Bogotá, Enero-Diciembre, 1985.