

# Gestión tecnológica y desarrollo tecnológico

Heberto Tapias García\*

## Resumen

El papel clave que tiene la tecnología, y especialmente la innovación, en la construcción y sostenimiento de la competitividad de empresas y países, está generando un cambio en las prácticas de gestión empresarial. La búsqueda deliberada y sistemática de innovaciones y el uso intensivo del conocimiento como factores dominantes y responsables del éxito de las empresas, están promoviendo la gestión tecnológica como la función motora e integradora de las estrategias de desarrollo empresarial.

Para tener una aproximación a esta nueva práctica de gestión empresarial, en este artículo se presentan conceptos y teorías sobre tecnología, innovación y desarrollo tecnológico y se propone como tesis que la gestión tecnológica es un sistema de conocimientos y prácticas relacionados cuyo objeto es el desarrollo tecnológico en los sistemas de innovación de los países y en las empresas. Igualmente se describen las funciones de la gestión tecnológica en los diferentes niveles del sistema de innovación y especifican los procesos y funciones básicos de la gestión tecnológica en la empresa.

----- *Palabras clave:* Tecnología, innovación, desarrollo tecnológico, gestión tecnológica, gestión empresarial.

## Abstract

The role of technology, and specially of innovation, with regard to building and supporting the competitiveness of enterprises and countries, is creating a shift in business managerial practices. The conscious and systematic search for innovations and the intensive use of knowledge as key factors of business success, are promoting the technology management as an integrative and driver function of business managerial strategies.

In order to provide an approach to that new business management practice, this essay presents concepts and theories about technology, innovation and technology development, and claims the thesis that technology management is a transdisciplinary knowledge system and a set of related practices whose object is the technology development in the innovation system of the countries and the enterprises. Likewise, the function of technology management at the different levels of the innovation system is described as well as the basic function and processes of technology management at the enterprise.

----- *Key words:* Technology, innovation, technology development, technology management, business management.

---

\* Profesor Ingeniería Química, Universidad de Antioquia.

## Introducción

Cada día crecen las evidencias empíricas de la relación entre el desarrollo tecnológico y el crecimiento económico, y la importancia de la tecnología, especialmente el papel central que tiene la innovación, en la construcción y sostenimiento de la competitividad de empresas y países. Así lo reconoce Colciencias cuando, en su propósito de orientar el desarrollo tecnológico del país, declara la urgente necesidad de la inserción creativa de la economía colombiana en la corriente de la economía global, “mediante el fortalecimiento de la innovación y la productividad en las empresas y organizaciones, con la finalidad de garantizar en el largo plazo la competitividad de los bienes y servicios de producción nacional y de mejorar las condiciones de vida de la población colombiana” (Colciencias, 1998).

Ese reconocimiento del papel clave que tiene la tecnología, y en particular la innovación tecnológica en la competitividad, ha generado en los últimos años un cambio en la cultura empresarial, con la incorporación deliberada y sistemática de la gestión tecnológica como una dimensión dominante en la gestión moderna de las organizaciones, para la toma de decisiones y ejecución de estrategias de desarrollo que les permitan efectivamente construir y sostener ventajas competitivas. Para tener una aproximación a esta nueva práctica de gestión empresarial, se presentan en forma integrada, en un marco conceptual coherente, términos y teorías sobre tecnología, innovación y desarrollo tecnológico; se procura mostrar su unidad y relaciones, para poder comprender entonces los procesos de gestión tecnológica.

En un esfuerzo de síntesis, se presenta en este artículo a la tecnología como sistema y como producto y proceso social que evoluciona, regida por una clara intencionalidad social, mediante las innovaciones como sus principales agentes de cambio, en íntima relación e interdependencia con el sistema económico y con otros sistemas sociales como la ciencia. Así mismo, se describen los principales modelos para explicar el proceso de inno-

vación que se han propuesto en los distintos marcos teóricos del desarrollo tecnológico.

Con ese cuadro sintético del desarrollo tecnológico, elaborado esencialmente a partir de las contribuciones de los autores citados, se postula, como aproximación: *que el objetivo último de la gestión tecnológica es la incorporación deliberada y sistemática del cambio tecnológico para el desarrollo de países, empresas u organizaciones*. Igualmente se aventura la tesis de que la gestión tecnológica es un sistema de conocimientos transdisciplinario y de prácticas relacionados, que en el ámbito de la práctica se manifiesta como un proceso complejo y multidimensional orientado al desarrollo, la optimización y el uso efectivo de competencias tecnológicas, competencias de gestión y recursos disponibles para la empresa, en el cumplimiento de sus propósitos, objetivos, estrategias y operaciones. Procesos que involucran también el uso de datos, información y conocimientos, y la interacción social de personas en la creación de conocimiento y el desarrollo de innovaciones para la creación de valor y de ventajas competitivas.

## Tecnología e innovación

En el contexto de este discurso, la tecnología se concibe como *conocimiento aplicado* en casi todas las actividades humanas. Estos conocimientos han desempeñado un rol importante en los logros materiales y culturales, y en la evolución de la sociedad. Sin la tecnología no podrían realizarse algunas actividades humanas, pues es ella la que establece el “cómo” se ejecuta la actividad. Y no puede realizarse acción humana alguna sin cierto acervo de conocimientos empíricos o racionales acerca del mundo físico, biológico o social.

En un sentido fundamental, la tecnología determina la forma o configuración de las cosas artificiales y la reconfiguración y transformación de las naturales. “La primera función inmediata de la tecnología –y la condición inmediata de su utilidad– es dar una forma definida y artificial a un conjunto de materiales o a una actividad hu-

mana específica” (Winner, 1979). En sus múltiples manifestaciones, la tecnología amplía el alcance y el poder de la actividad humana. La tecnología posibilita hacer lo que antes no se había hecho, pues ella permite “ampliar y superar los límites orgánicos del cuerpo humano y compensar su fragilidad y vulnerabilidad” (Zuboff, 1996). En este sentido la tecnología adquiere un carácter instrumental o de medio para facilitar el empeño humano, facilitar su desempeño o permitirle ejecutar tareas más allá de sus capacidades humanas. Hace factible actividades con las que ni siquiera soñaba el hombre, o eran una utopía. La tecnología está presente en casi todo el espectro de actividades humanas, desde las más simples, cotidianas y domésticas, como la elaboración y preparación de alimentos, hasta las más sofisticadas y organizadas hoy para la producción industrial o usadas en servicios, como los procedimientos quirúrgicos con tecnología láser, las terapias genéticas o la tomografía combinada con resonancia magnética.

La tecnología es el resultado de la actividad del hombre en sociedad en procura de la satisfacción de sus necesidades y deseos. Este conocimiento desarrollado por el hombre mediante su actividad científica o empírica, existe y se manifiesta en varias formas como: *hardware*, *software*, *humanware* o *manpower*: El *hardware* es el componente físico o material de una tecnología, en el que se incorpora el conocimiento en la forma de equipos, dispositivos, aparatos, instrumentos, productos y otros elementos materiales involucrados en las actividades humanas. El *software* es un componente no material de la tecnología, constituido por la información registrada en libros, revistas, boletines, manuales, planos, medios magnéticos u ópticos, etc., sobre elementos materiales, procesos y procedimientos o formas de hacer las cosas; mientras que el *humanware*, otra componente inmaterial, es la componente humana de una tecnología constituida por las competencias, habilidades y destrezas, o como conocimiento práctico, no sistematizado, ni estructurado, que tienen las personas. Son éstas las tres componentes que integran toda tecnología y cuya

participación en la composición de una tecnología en particular depende de la naturaleza específica de ella. No es igual la composición en una tecnología para realizar actividades administrativas, a la que se requiere en una operación de transformación física de materiales en productos.

Más conocida y formal es la definición de la tecnología como conocimiento aplicado en los procesos de creación, producción, comercialización, distribución y uso o consumo de productos y servicios (Szabó, 1995), así como el conocimiento empleado en la investigación y desarrollo de estos procesos. Son conocimientos de naturaleza empírica y científica que hacen referencia no sólo a los productos, servicios y procesos físicos, sino también a procesos gerenciales y administrativos; es decir, conocimientos asociados a todas las actividades que desarrolla una organización empresarial. Está implícita esta definición en el concepto de “paquete tecnológico” (Waissbluth, 1990), y Porter la incorpora en su teoría de la cadena de valor cuando afirma que toda actividad de valor emplea tecnología, que todo lo que la empresa hace involucra algún tipo de tecnología, y que “una empresa, como una colección de actividades, es una colección de tecnologías” (Porter, 1995). Lo que equivale a afirmar que una empresa es, en última instancia, una colección de conocimientos. En las organizaciones, el conocimiento no sólo lo tienen las personas o se halla incorporado en los equipos, sino que “también se encuentra en la forma de rutinas organizacionales, procesos, prácticas y normas” (Davenport, 1998).

La tecnología como conjunto de conocimientos configura un sistema con sus propios procesos y su propia dinámica, en el que las innovaciones son los principales agentes de cambio. Son las innovaciones, como acciones sistemáticas e intencionales para introducir cambios o novedades, los elementos que están en la base de la dinámica de este sistema. Dinámica que se expresa en nuevos o mejores productos o procesos y nuevos mercados, pero también en nuevas actividades humanas o formas diferentes o mejoradas de hacer actividades ya establecidas. Innovaciones

que son el resultado de la incorporación novedosa de conocimientos en las actividades humanas.

Las innovaciones “no sólo son el fruto de la investigación, sino también de la asimilación y adaptación de conocimientos desarrollados, dominados y aplicados eventualmente en otros campos de actividades, pero cuya puesta en práctica en un contexto organizativo, cultural, técnico o comercial diferente constituye una novedad” (Morin, 1998). En las empresas, la innovación, como componente crucial de una estrategia competitiva, es el resultado de un proceso que combina elementos de la cultura y la organización empresarial, la investigación y el desarrollo, la transferencia de tecnología, la especialización y la motivación de los recursos humanos, y el aprovechamiento de oportunidades tecnológicas y de mercado, entre otros aspectos afines (Bernal, 1998). Ella es hoy el activo corporativo más valioso para construir las ventajas competitivas sostenibles de una empresa. Como estrategia de desarrollo empresarial, la innovación no sólo está orientada a la generación de nuevos productos y procesos, sino también a la adaptación y mejora de tecnologías y a la adopción de cambios en la cultura empresarial, en fin, a la introducción permanente de cambios que permitan incrementar la productividad y competitividad de las empresas (Colciencias, 2000).

En una perspectiva global, la tecnología es un sistema que emerge de la sociedad como un producto social. “Es el sistema mediante el cual la sociedad satisface sus necesidades y deseos” (Steele, 1989). Sistema derivado de la evolución de la sociedad como un proceso más amplio y complejo, en un marco humano, económico, científico, social y cultural configurado por la historia. Es un producto social y un proceso social entre otros: “no es cuestión de que el desarrollo técnico ocurra por un lado y el social por otro, como si fueran dos mundos o dos procesos enteramente distintos. La sociedad se configura por los cambios técnicos que, a su vez, son configurados por ella” (Salomon, 1996). La complejidad es inherente a la tecnología, y su desarrollo hace

parte de una trama compleja sin costura con otros sistemas sociales como la ciencia, la economía, la educación y la política, que lo determinan y condicionan a través de una intrincada red de interacciones.

El desarrollo tecnológico está regido por una clara intencionalidad social que resulta de la convergencia de intereses y objetivos de la sociedad, en la cual se origina y despliega, de las características de ese entorno social y de los problemas y necesidades que dicha sociedad enfrenta en un momento histórico dado. La intencionalidad también se manifiesta en la utilización de la tecnología como un instrumento para implementar la voluntad de cambio de estructuras y procesos sociales, económicos y naturales (Bifani, 1994).

En el ámbito internacional se evidencia la intencionalidad en el desarrollo tecnológico, en la creación de los sistemas nacionales de innovación para articular en forma coherente las capacidades de organizaciones e instituciones, y de todos los agentes de cambio económico y tecnológico, para la puesta en marcha de procesos de generación, utilización y difusión de innovaciones, en la perspectiva de la satisfacción de aspiraciones y expectativas de desarrollo de los países. Por ello, las características de la tecnología y la aparición y difusión del componente dinámico de este sistema, las innovaciones, no pueden examinarse únicamente en la dinámica interna de la tecnología como sistema, sino dentro del flujo global de cambios, donde el cambio tecnológico es sólo una de sus manifestaciones. Flujo que involucra los otros sistemas de actividades humanas, con los cuales la tecnología comparte características e influencias en el contexto en el cual se desarrolla y se aplica (Bifani, 1994).

Tanto el sistema social como el natural no son indiferentes a las intervenciones de la tecnología y reaccionan a ellas en una relación dialéctica y compleja. La concepción sistémica del desarrollo tecnológico y su interrelación con otros procesos sociales y con el sistema natural, constituyen una perspectiva crucial para la gestión tecnológica, y, por tanto, para el análisis e interpretación de su objeto de estudio: el desarrollo tecnológico.

## Desarrollo tecnológico

El desarrollo tecnológico o progreso tecnológico, como se denomina el proceso de evolución de la tecnología en este artículo, en el sentido más amplio y probablemente el más importante, está relacionado con el desarrollo económico y de la sociedad en su totalidad, mientras que en sentido restringido, se refiere al cambio de la tecnología en una unidad productiva o en un proceso determinado. En términos generales, el desarrollo tecnológico se puede considerar como el “proceso de desarrollo y perfección de la tecnología dentro de relaciones de producción determinadas” (Martínez, 1994). Ello implica la introducción y difusión de conocimientos incorporados en elementos materiales, equipos y dispositivos, o en métodos, procedimientos y procesos, en una actividad humana; como los procesos de producción, distribución o comercialización de bienes y servicios. Lo cual se manifiesta en un mejoramiento de la actividad o proceso, en un incremento de la productividad, en la creación de nuevos bienes y servicios o en el mejoramiento de su calidad.

El desarrollo tecnológico, como proceso social, está embebido en la trama de sucesos de la evolución de las sociedades, y muy estrechamente relacionado y determinado por el sistema económico; hasta el punto que hoy suele considerársele como un proceso endógeno de la dinámica del proceso de desarrollo económico. Es quizás este hecho lo que explica que hayan sido los economistas los primeros en reflexionar sobre este proceso.

Los efectos o consecuencias del cambio tecnológico no han sido ignorados en las reflexiones teóricas y análisis del desarrollo económico. Kondratieff, por ejemplo, identificó el cambio tecnológico con los despliegues de los ciclos económicos que se han presentado en la producción capitalista, y Schumpeter asoció la aparición de estos ciclos a las innovaciones tecnológicas.

### *Perspectiva de la economía clásica*

Martínez sostiene que el cambio tecnológico no fue ignorado en los análisis de los economistas clásicos, pero tampoco fue objeto de un análisis

profundo en su naturaleza y dinámica, relegando su intervención a un papel secundario en sus teorías, en las que fueron consideradas como más importantes otras variables, de tal suerte que sus afirmaciones sobre este proceso son incompletas o erradas. Y que tanto Adam Smith como David Ricardo reconocen el cambio tecnológico como una causa del crecimiento económico y como un *proceso endógeno* al proceso productivo, y postulan que se lleva a cabo sin costo alguno, mediante la realización de esfuerzos informales de personas vinculadas a las actividades productivas, aunque aceptan que algunos desarrollos son realizados por personas ajenas a las actividades productivas (Martínez, 1994).

### *El modelo neoclásico*

Schumpeter es quien introduce la atención del cambio tecnológico en la escuela neoclásica. Si bien le otorgó un papel importante en sus análisis y explicaciones económicas, consideró el desarrollo tecnológico como un *proceso exógeno*—como inicialmente lo hicieron los neoclásicos—, que no tenía causas económicas fácilmente identificables (Martínez, 1994). Schumpeter ubica en las innovaciones las causas del desarrollo económico, y en particular de los desequilibrios y fenómenos cíclicos en la economía, y considera que los inventos o los conocimientos en los que se basan las innovaciones siempre están disponibles en una reserva interminable y creciente para aumentar la productividad. Así mismo, precisa la innovación en términos económicos como “la fijación de una nueva función de producción” e incluye en esta noción, además de la introducción de un nuevo producto o proceso, la apertura de un nuevo mercado, la conquista de una nueva fuente de materia prima y un cambio en la estructura organizativa de la industria (Schumpeter, 1939).

Es a partir del trabajo de Solow—en 1957—sobre el impacto del cambio tecnológico en el crecimiento de la economía norteamericana en el período 1900-1940, que se reconoce el papel crucial que tiene este cambio como motor de la economía y la escasa comprensión y explicación que se tenía de este fenómeno. Esta evidencia

suscita debate y revisión del modelo neoclásico tradicional, que suponía que los nuevos conocimientos tecnológicos fluían desde fuera del sistema económico como maná del cielo; es decir, concebía el cambio tecnológico como exógeno al sistema (Katz, 1996). Y es Arrow, en un trabajo pionero publicado en 1962, quien plantea por primera vez en la escuela neoclásica la idea de que el proceso de cambio tecnológico es un *fenómeno endógeno* al sistema productivo y que está profundamente interrelacionado con el funcionamiento global del mismo (Katz, 1990). Para Arrow, la empresa aprende a hacer mejor lo que hace con su experiencia. Con este “learning by doing” de Arrow se plantea que hay que concebir la empresa como una organización que aprende de la experiencia a hacer mejor lo que hace y como una organización social que también produce nuevos conocimientos tecnológicos, además de sus productos y servicios (Arrow, 1962).

Si bien los aportes de Arrow fueron importantes, al considerar el cambio tecnológico de la unidad productiva como un proceso endógeno que depende del comportamiento global de ella, su contribución no provee una explicación sobre los orígenes y consecuencias del cambio tecnológico endógeno, como para integrar una teoría que pueda utilizarse para la elaboración de estrategias tecnológicas que puedan seguir a empresas o países (Katz, 1990).

Con la “curva de posibilidades innovativas” de Kennedy, se enriquece el modelo de proceso endógeno de la búsqueda de nuevos conocimientos tecnológicos, al contemplar la existencia de un espectro de conocimientos, “*accesibles y en estado de espera*”, el cual establece las nuevas posibilidades técnicas que el empresario puede elegir en un momento dado, dependiendo de los precios relativos de los factores clásicos de producción, capital y trabajo (Kennedy, 1964).

Todas las contribuciones a la concepción neoclásica del cambio tecnológico desde sus orígenes, con la introducción de la función de producción de Cobb-Douglas, en los años 30, hasta los refinamientos del modelo endógeno, son

consideradas útiles por los neoclásicos para obtener un bosquejo preliminar de los efectos del cambio tecnológico sobre el desarrollo económico, pero no para dar respuesta cabal a algunos problemas del desarrollo tecnológico, como lo demuestran algunos estudios empíricos cuyos resultados se desvían considerablemente de la teoría (Martínez, 1994).

Una razón de la debilidad de las explicaciones neoclásicas, y quizás el problema más grave, es el concepto implícito de tecnología incorporado en la teoría y su concepción del proceso de innovación. Para ellos, la tecnología es información previamente disponible, con conocimiento perfecto de las opciones y libre acceso a ellas, universalmente aplicable y fácil de adquirir y reproducir. Su desarrollo se da en un continuo sin costo alguno para el empresario, guiado por una lógica puramente económica, que busca en ese espacio de posibilidades tecnológicas aquellas ahorradoras de capital o trabajo de acuerdo con el costo relativo de estos factores de producción.

A diferencia del pensamiento neoclásico, la tecnología tiene un componente tácito importante que no puede organizarse ni explicitarse del todo. No es un producto que pueda empacarse para ser trasladado y usado como los bienes de consumo. Ella “no puede verse como un conjunto de conocimientos perfectamente integrado, detalladamente especificado, completamente codificado y, en consecuencia, fácilmente repetible y transferible” (Ávalos, 1993). Significa esto que una tecnología adquirida por una empresa nunca será “una réplica exacta de la tecnología desarrollada por su dueño y utilizada por otros, lo cual a su vez implica que el receptor siempre va a tener que desarrollar un conjunto de conocimientos adicionales a los que recibió del proveedor” (Ávalos, 1993) para adecuarla a sus condiciones. Además, durante su uso la tecnología sufre adaptaciones y mejoras, como resultado de la solución de problemas y esfuerzos de mejoramiento continuo para explotar su máximo potencial y para dar cuenta de los cambios en el mercado y en la disponibilidad de insumos y recursos.

### ***Nuevas teorías***

La necesidad de comprender mejor el proceso de desarrollo tecnológico y su relación con los fenómenos económicos de la posguerra, y la imposibilidad de los modelos conocidos para explicarlos, han aportado “nueva vida a los debates acerca de la existencia y la explicación de los ciclos de larga duración y, particularmente, acerca del papel de la innovación tecnológica como fuerza impulsora de los ciclos económicos prolongados” (Rodríguez, 1996). El abanico de teorías va desde las neomarxistas con Mandel, pasando por las “evolucionistas” de Nelson y Winter, hasta las neoschumpeterianas de Mensch, Dosi, Freeman y Pérez entre otros. La mayoría de ellas le asignan un papel central a las innovaciones para explicar los ciclos económicos de Kondratieff, y en particular los neoschumpeterianos le otorgan una importancia capital a la difusión de los nuevos sistemas tecnológicos y al agotamiento de los viejos, en la estimulación del crecimiento económico en las ondas largas.

En el marco de las nuevas teorías, el cambio tecnológico es un proceso evolutivo e interactivo, en el que la tecnología evoluciona mediante formulaciones sucesivas de problemas técnicos y soluciones propuestas, y a diferencia de la concepción neoclásica se considera como un proceso que evoluciona con discontinuidades producidas por los cambios de paradigmas. En este nuevo espacio de reflexiones sobre el desarrollo tecnológico se concibieron las innovaciones como vinculadas entre sí, y se concentró el análisis en la estructura que rige tales vínculos, más que en las innovaciones, supuestamente independientes, que forman parte de dicha estructura (Cassiolato, 1994).

La perspectiva evolucionista del cambio tecnológico se inicia con los trabajos de Nelson y Winter, y se continuó desarrollando con el concepto de los paradigmas tecnológicos aportados por Dosi. Nelson y Winter utilizan los conceptos de regímenes tecnológicos y trayectorias tecnológicas, para referirse a la estructura intelectual que guía el cambio tecnológico en un sector y a la ruta correspondiente por la que transita el cambio, respectivamente.

La conceptualización de la tecnología y del cambio tecnológico basada en paradigmas, ayuda a resolver un viejo debate sobre la importancia del mercado y del conocimiento científico y tecnológico en la generación de las innovaciones, otorgándole a cada uno de estos factores su papel en la configuración, ritmo y trayectoria del cambio tecnológico. Cada paradigma tecnológico, como modelo o patrón de solución de los problemas tecnológicos, o como conjunto de conocimientos y reglas, determina tanto las posibilidades u opciones del progreso tecnológico, como los límites dentro de los cuales las variables del entorno, como la demanda, los precios relativos o la aceptabilidad social ejercen sus influencias. Los paradigmas explican en cierto sentido los imperativos tecnológicos –posibilidades de dirección del cambio tecnológico o lo que es factible intentar–, los cuales establecen la inevitabilidad de la búsqueda de las innovaciones en ciertas direcciones permitidas por los conocimientos que configuran el paradigma.

Los paradigmas tecnológicos forman un universo de posibilidades del cual pueden surgir, mediante una heurística altamente selectiva, unos diseños concretos o soluciones básicas, que le dan formas tecnológicas específicas a productos y procesos que fijan las normas tecnológicas o patrones tecnológicos por un tiempo determinado. En la infancia de un paradigma tecnológico se pueden encontrar en competencia varias versiones de estos diseños concretos o productos tecnológicos. La adopción y difusión de uno de ellos como solución tecnológica dominante es mediada por la aceptación social, en la que las empresas, los mercados y las relaciones sociales desempeñan un papel importante, actuando como ambiente de selección (Cassiolato, 1994).

Se plantea también en el ámbito de esta perspectiva del desarrollo tecnológico, que el desarrollo económico de los países capitalistas, desde lo que se conoce como revolución industrial en Inglaterra hasta hoy, se ha dado por ciclos, con períodos de auge y de depresión que se repiten aproximadamente cada 50 a 60 años, de acuerdo con la evidencia empírica registrada por Kondratieff.

Esos modos de desarrollo económico se consideran impulsados por un *paradigma tecnoeconómico* configurado alrededor de una revolución tecnológica. La producción textil mecanizada, el modo de producción organizado alrededor del motor eléctrico y el motor de combustión interna, y la producción en línea y masiva, intensiva en uso de material y energía, son tres ejemplos de paradigmas tecnoeconómicos por los que ha evolucionado la producción capitalista.

La difusión o despliegue de cada *revolución tecnológica*, formada por una constelación de sistemas tecnológicos –familia de tecnologías interrelacionadas– con una dinámica común que afecta todo el aparato productivo, se interpreta como guiada por un *paradigma tecnoeconómico*, orientada por un conjunto de conocimientos, reglas, modelos, valores y procedimientos que configuran una lógica general, para la toma no sólo de decisiones de inversión sino también sobre las innovaciones y los cambios tecnológicos. Se dice que es tal la fuerza de ese conjunto de criterios e ideas para la toma de decisiones, en la práctica productiva óptima y en la gestión de la producción, que resulta penetrando la conciencia colectiva y convirtiéndose casi en sentido común de científicos, ingenieros, gerentes, inversionistas y de todos los que se vinculan a las actividades económicas. Las revoluciones tecnológicas conducen a profundos cambios estructurales, no sólo en el modo de producir y el modo de vivir sino también en la geografía económica mundial. Ellas requieren de nuevos marcos socioinstitucionales, los cuales se producen mediante transformaciones en el terreno de lo social, lo organizativo y regulatorio; en todas las instancias, desde la empresa pasando por el estado, hasta las relaciones internacionales (Pérez, 1986).

Los cambios producidos por un *paradigma tecnoeconómico* son complejos y trascienden los simples cambios técnicos. El universo de cambios comprende un nuevo concepto de eficiencia y organización de la producción, un nuevo modelo de gerencia y organización empresarial, perfiles diferentes de la fuerza de trabajo, maneras diferentes de hacer el trabajo, nuevos patrones

de inversión, reconcepción de las escalas óptimas de producción, nuevas industrias y actividades económicas, nuevo patrón de localización geográfica de la inversión; en fin, unas nuevas relaciones y prácticas sociales. Pero estas transformaciones no se limitan al ámbito del sistema económico, sino que se extienden también al marco socio-institucional y a toda la sociedad. Los paradigmas tecnoeconómicos generan imperativos sociales, requisitos o condiciones del entorno social que son imprescindibles para el funcionamiento del modo de producción impulsado por el *paradigma* (Winner, 1979). Las instituciones sociales y el marco general de regulación deben transformarse mediante vastas innovaciones socio-institucionales que faciliten el establecimiento de nuevas reglas de juego, nuevos mecanismos de regulación y nuevas instituciones, y por tanto, la estructuración de un contexto coherente con el nuevo *paradigma*.

Son visibles los síntomas de agotamiento del último *paradigma tecnoeconómico* y la transición hacia uno nuevo, producido por la revolución tecnológica impulsada por los desarrollos tecnológicos en la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones. Las tecnologías que se han usado con el último *paradigma* han alcanzado su madurez y agotado sus posibilidades de innovaciones incrementales, de acuerdo con los límites de sus propias trayectorias. Se reconoce hoy la capacidad que tienen las tecnologías de la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones para superar las limitaciones enfrentadas por el *paradigma* anterior y la oportunidad inédita de desarrollar nuevas trayectorias tecnológicas que generen nuevos productos, nuevos servicios, nuevas industrias y el aumento de la productividad, aun en las viejas actividades productivas y en las tecnologías maduras (Pérez, 1986).

### ***El ciclo de vida de la tecnología***

Una tecnología tiene un ciclo de existencia, y por analogía con los seres biológicamente constituidos ella evoluciona en una secuencia de estados. Es decir, a una tecnología se le puede asociar una

gestación, un nacimiento, un crecimiento y desarrollo, y finalmente una muerte u obsolescencia.

La gestación está asociada con la idea de un nuevo producto, un proceso o una nueva manera de realizar actividades establecidas, y está íntimamente vinculada con las oportunidades tecnológicas, necesidades y deseos existentes o latentes. Como resultado de la gestación se obtiene el *invento*, por medio de un proceso que involucra todos los esfuerzos orientados a la creación de nuevas ideas y al logro de su funcionamiento y utilidad (Roberts, 1989). El nacimiento lo constituye la *innovación radical*, definida ésta como la primera aplicación de la invención en un proceso productivo o en el mercado. La innovación es un hecho económico, mientras el invento es tecno-científico. Esta innovación, que pone en el mercado o en el sistema productivo un producto o proceso verdaderamente novedoso, no surge como una transformación de una tecnología existente. "Es prácticamente imposible que resulte de los esfuerzos por mejorar una tecnología existente" (Pérez, 1986). Ellas generan verdaderas transformaciones en la economía y la sociedad, pues los nuevos rumbos tecnológicos que inauguran no sólo dan nacimiento a nuevas industrias y actividades económicas, sino también a nuevas instituciones y relaciones sociales.

El crecimiento y desarrollo lo experimenta la tecnología con la adopción, propagación o difusión masiva de la innovación radical. La difusión, que transforma una innovación radical en un fenómeno económico-social, es un proceso que se lleva a cabo a ritmo variable y en el cual influyen variables sociales, económicas, políticas y de mercado.

A medida que una tecnología se difunde, experimenta sucesivas mejoras o cambios. Estos cambios, introducidos deliberadamente, se denominan *innovaciones incrementales*. Con ellas están asociados la disminución de los costos y el aumento de la productividad en los procesos productivos, y el mejoramiento del desempeño de los productos tecnológicos o el aumento de la gama de sus posibles aplicaciones. La velocidad

de introducción de las innovaciones incrementales en una tecnología es variable. En los primeros años o infancia de la tecnología este ritmo es lento, luego se acelera en la adolescencia, para finalmente decrecer cuando ella se hace madura. Este límite en el potencial de cambio o mejora de una tecnología es lo que estimula el surgimiento de innovaciones radicales.

La muerte u obsolescencia de una tecnología se vislumbra cuando las empresas que las usan van agotando las posibilidades de innovaciones incrementales, y ven estancarse su productividad y amenazados sus niveles de rentabilidad. En estas condiciones el aparato productivo abandona gradualmente una tecnología y adopta una nueva. Justamente, este proceso de abandono de un modelo productivo por uno nuevo caracteriza el descenso de las ondas largas de Kondratieff (Pérez, 1986). La muerte u obsolescencia de una tecnología se puede presentar en cualquier momento de su ciclo de vida. La tecnología puede morir aún en su infancia, si es sustituida por una tecnología que tiene mejor desempeño o mayor aceptación social.

### **Modelos de innovación**

En los intentos de definir los elementos del proceso de innovación radical y los factores que influyen e inducen a la actividad innovadora, se encuentran en la literatura económica dos perspectivas antagónicas: las fuerzas del mercado, como el principal determinante de las innovaciones, y el desarrollo de ellas, como un proceso autónomo vinculado al desarrollo del conocimiento científico y tecnológico.

El elemento común de estos modelos es la concepción del desarrollo tecnológico como un proceso lineal-secuencial, en la que se interpreta que la innovación es un proceso que encadena en una secuencia lineal la investigación básica, la investigación aplicada, el desarrollo experimental, la producción y la comercialización. Modelo que supone la finalización de una etapa para iniciar la siguiente. Según estos modelos, el proceso de innovación radical se "entuba" y se conduce en un

flujo lineal desde la investigación básica hasta la aplicación industrial y su difusión. La diferencia estriba en que un modelo supone que la demanda del mercado es la que origina el proceso, mientras el otro se lo asigna a los descubrimientos (Martínez, 1994).

El modelo basado en el empuje del conocimiento científico y tecnológico enfatiza el rol de la ciencia en la producción de los inventos, o la dependencia de éstos de anteriores adelantos en la tecnología; en cambio, el modelo de arrastre de la demanda acentúa la necesidad percibida y la evaluación de necesidades potenciales o latentes, como el evento que precede la secuencia invención-innovación.

Ambos modelos son simplificaciones teóricas, que no pueden explicar satisfactoriamente todos los detalles del proceso del cambio tecnológico y las causas de las innovaciones. Algunos estudios empíricos confirman indistintamente ambas hipótesis básicas, mientras que otros reconocen la variabilidad de la génesis del proceso entre el descubrimiento y la necesidad percibida; con lo que se comprueban las limitaciones de los modelos lineales secuenciales tradicionales. En su lugar, se ha propuesto que el proceso de innovación sea considerado como un flujo concurrente e interactivo de eventos, que incluye tanto eventos técnicos como sociales (Martínez, 1994), sin que exista necesariamente un evento privilegiado que inicie el proceso.

Ya Schumpeter había señalado que no existía una conexión necesaria entre invención e innovación radical. Si bien una innovación puede incorporar un gran número de invenciones de componentes, materiales y subsistemas, ellas también pueden resultar de una nueva combinación, o de un nuevo uso de conocimiento técnico existente. Aunque se reconoce que las invenciones surgen de fuentes variadas y difusas, en un juego complejo que interrelaciona la inspiración genial, una nueva combinación de elementos acumulados durante mucho tiempo, o la síntesis acumulativa de invenciones sencillas (Usher, 1954), se acepte que es la selección social la que predomina finalmen-

te en la generación y difusión de innovaciones. Por ello, es ingenuo pensar que la investigación científica y tecnológica genera los inventos que la industria recoge y convierte en innovaciones en forma automática (Martínez, 1994).

El proceso de innovación radical involucra todas las actividades para convertir en una realidad comercial una idea novedosa sobre un producto o proceso, pero estas actividades no se desarrollan necesariamente siguiendo un flujo lineal entre la investigación básica, la concepción de la innovación y la puesta en el mercado del producto de la innovación. Tampoco es plausible suponer que haya una nítida división social del trabajo en la innovación, con unas instituciones o actores especializados e independientes para ejecutar unas etapas, como lo suponían los modelos lineales. División del trabajo donde las etapas del proceso de innovación pueden ubicarse en organizaciones distintas, y que asigna a los institutos o centros de investigación la supuesta misión de generar los inventos y a las empresas la tarea de su explotación comercial. Un modelo más realista es el que se apoya en la teoría de los paradigmas tecnoeconómicos, que reconoce la variabilidad del origen de la innovación y concibe el proceso de innovación como un flujo de actividades combinadas, integradas e interactivas, para convertir en una realidad comercial un producto, servicio o proceso; en general, para hacer realidad una tecnología.

La innovación tecnológica es un proceso multietapa, con variaciones significativas en las actividades iniciales, así como en los aspectos y problemas de gestión en sus etapas. Ella se realiza mediante esfuerzos técnicos, llevados a cabo esencialmente en el contexto de una organización, pero involucra intensas interacciones con el entorno tecnológico y el mercado. En su desarrollo, son críticas la búsqueda proactiva de los insumos del mercado y de contribuciones tecnológicas externas, y es inevitable la retroalimentación y la reiteración que ocurre entre sus etapas (Roberts, 1989).

El número preciso de las etapas que forman el proceso es arbitrario, pero en términos generales

involucra “la generación de una idea o un invento y la conversión de la invención en un negocio u otra aplicación útil” (Roberts, 1989). Roberts, por ejemplo, considera el proceso integrado por: el reconocimiento de una oportunidad de mercado o tecnológica, la formulación de la idea de la innovación, la solución del problema, la producción del prototipo, el desarrollo comercial, la utilización y la difusión. En cambio, Rosenthal lo concibe, para el desarrollo de un nuevo producto industrial, como formado por la validación de la idea, el diseño conceptual, las especificaciones y el diseño del producto y del proceso, la producción y las pruebas de los prototipos, y la manufactura y comercialización (Rosenthal, 1998).

En síntesis, el proceso de innovación es un proceso multietapas interactivas, con una diversidad significativa de tareas específicas, así como de actividades gerenciales y prácticas de gestión tecnológica efectivas, que involucra una fuerte interacción con el entorno tecnológico y el mercado. Así mismo, para que una innovación sea exitosa debe conjugar, necesariamente, la posibilidad técnica, la factibilidad económica y la aceptabilidad social.

Ese proceso integral-interactivo se lleva a cabo con un traslazo, o con cierto grado de simultaneidad en la ejecución de las actividades, y con la consideración simultánea de todas las interacciones y relaciones internas relevantes en el proceso y entre éste y su entorno. Es decir, *la innovación avanza mediante un flujo en codesarrollo y combinación de actividades y con el trabajo cooperativo o colaborativo de todos los actores que intervienen en una innovación*. En algunos casos, esta concurrencia de fases llega, inclusive, a las fases ascendentes de la innovación: la investigación básica y la investigación aplicada, y a que en cualquier momento se retorne a actividades ya ejecutadas, pero también a la anticipación de otras que en la lógica secuencial se ubican en fases posteriores. El modelo integral-interactivo rompe la linealidad de los modelos secuenciales y estructura el proceso de innovación en multietapas, con un flujo natural de actividades interactivas, con cierto grado de ite-

ración, que casi nunca avanza en secuencia lineal.

El otro aspecto relevante de este modelo integrado e interactivo de la innovación, es que a nivel empresarial no sólo se vinculan al proceso todas las unidades funcionales: investigación y desarrollo, ingeniería y diseño, producción, mercadeo, finanzas, servicios, compras, etc., para poner al servicio de la innovación todas las capacidades tecnológicas de la organización, sino que también se involucran usuarios potenciales, proveedores de tecnologías, asesores, centros e institutos de investigación, para disponer de aquellas capacidades tecnológicas que no se tienen, y para disminuir los riesgos y problemas técnicos y de mercado que son inherentes a toda innovación (Rosenthal, 1998).

Este es un escenario conceptual claramente distinto del neoclásico, el cual provee una visión interpretativa de la naturaleza y dinámica del desarrollo tecnológico más integral, con la que se pueden orientar mejor las decisiones y acciones deliberadas relacionadas con el desarrollo, uso y difusión de la tecnología de un país, sector, organización o empresa. La complejidad y riesgos intrínsecos de la innovación, así como la importancia estratégica que ella tiene en la competitividad de empresas y naciones, hacen de la innovación un proceso clave que debe estar en el centro de la gestión empresarial e integrado a las estrategias competitivas, y por tanto planeado, organizado, dirigido, ejecutado, controlado y evaluado; en síntesis, gestionado.

### **Gestión tecnológica**

¿Qué es gestión tecnológica? ¿Cuál es su ámbito de problemas? ¿Cuál es el alcance de las actividades de la gestión tecnológica? ¿Quién, y con cuáles conocimientos y competencias, se ocupa de estas actividades en las organizaciones? Son preguntas que todavía no tienen una respuesta definitiva y, por tanto, son tema de debate y aproximaciones en eventos académicos, como el realizado en septiembre de 1998 en Arlington, Virginia U.S.A., organizado por la National

Science Foundation (NSF) y la Universidad de Miami para discutir temas atinentes a la gestión tecnológica.

No tienen respuestas definitivas debido a lo reciente de las reflexiones sobre ellas, así como por la dependencia que tienen de los cambios en conocimientos, reglas, modelos, valores, procedimientos e instituciones requeridos para configurar la nueva lógica general, que guiará las prácticas de gestión empresarial en el contexto del nuevo paradigma tecnoeconómico en ciernes. La complejidad y velocidad de los cambios que se están produciendo, el uso intensivo del conocimiento y la innovación como factores dominantes y responsables del éxito de las empresas en el nuevo ambiente empresarial, demandan nuevas prácticas de gestión. Nuevas lógicas y procesos de gestión para la efectiva producción e incorporación de conocimientos a las actividades de la empresa, y la integración de estrategias tecnológicas en las estrategias empresariales para crear ventajas sostenibles y prosperidad. Esta necesidad de búsqueda intencionada y sistemática del desarrollo de innovaciones, al ritmo impuesto por la velocidad de cambios de conocimientos y del mercado, están promoviendo la gestión tecnológica como la función más importante en la gestión empresarial, por ser ella la responsable de la gestión del recurso clave para la competitividad: el conocimiento.

En la literatura no se encuentra una definición universalmente aceptada para gestión tecnológica. "Para muchos significa gestión de ingeniería. Para otros significa gestión de información, gestión de la investigación, gestión del desarrollo, gestión de operaciones de manufactura, gestión de actividades de ingenieros y científicos, o gestión de actividades funcionales sin importar el espectro total de actividades que abarcan los procesos empresariales, desde el concepto del negocio hasta la comercialización" (Gaynor, 1996). Lo que sí se observa, en la práctica de la gestión tecnológica en las empresas, es una evolución desde el alcance limitado de la gestión de la investigación y el desarrollo, a una función integradora y holística, que extiende sus activida-

des al diseño, la manufactura, el mercadeo, las ventas, la distribución, el servicio al cliente, los sistemas de información, los recursos humanos, las finanzas, las compras, los clientes, los proveedores, las relaciones públicas y la administración general (Gaynor, 1996). Es decir, la gestión tecnológica en las organizaciones está evolucionando hacia un sistema de gestión que cumple una función integradora y holística en la gestión empresarial. En esencia, está evolucionando hacia un sistema cuya función última es el desarrollo, la integración y el uso efectivo de recursos tecnológicos, para la creación de valor en la búsqueda de la satisfacción competitiva de necesidades y demandas de los clientes.

Es justamente con esa interpretación sistémica y holística que se aborda en este artículo la gestión tecnológica. Ella será concebida como un sistema de conocimientos, pero también como un sistema complejo formado por un conjunto de procesos interrelacionados e integrados para la producción de innovaciones y ventajas competitivas, en la perspectiva del desarrollo de países y empresas.

### ***La gestión tecnológica: un sistema de conocimientos***

La gestión tecnológica es conocimiento y es una práctica. Es un sistema de conocimientos y prácticas relacionados con los procesos de creación, desarrollo, transferencia y uso de la tecnología. Algunos conciben este sistema como "una colección de métodos sistemáticos para la gestión de procesos de aplicación de conocimientos, extender el rango de actividades humanas y producir bienes y servicios" (Kanz and Lam, 1996). Mientras otros, como el National Research Council (NRC) de Estados Unidos, lo considera integrado por los conocimientos de "ingeniería, ciencias y disciplinas del área de gestión, para planear, desarrollar e implementar capacidades tecnológicas en el diseño y el logro de los objetivos estratégicos y operacionales de una organización" (Khalil, 1998). Es un sistema de conocimientos o región de conocimientos, en los términos que plantea Mario Díaz (1995) la organización del conocimiento; constituido por conceptos y proposi-

ciones sobre relaciones entre estos conceptos, modelos y teorías sobre los procesos de toma de decisiones y ejecución de acciones relacionados con las tecnologías, en organizaciones, empresas, países y regiones.

Pero la gestión tecnológica no es un campo del saber meramente especulativo sobre la tecnología y su desarrollo. Es también una práctica soportada en un conocimiento derivado del análisis y la interpretación de las observaciones del comportamiento del desarrollo tecnológico, como proceso social, y resultado de las observaciones de este proceso en organizaciones y países, y de su relación con el proceso de desarrollo global de las sociedades modernas.

La gestión tecnológica como “dominio” de explicaciones, como conjunto de conocimientos que la identifican, es una reconstrucción o reformulación interpretativa de los procesos de generación, transformación y difusión de la tecnología, que a su vez constituye y determina un “dominio” de acciones legítimas y de prácticas profesionales para la intervención de estos procesos. Estos dominios, el teórico y el de la práctica, constituyen una unidad dialéctica. Las teorizaciones se desarrollan sobre las prácticas de decisiones y actividades tecnológicas; es decir, la práctica como origen del conocimiento, y este conocimiento, configurado en modelos de las mejores prácticas, sirve como guía de la práctica de la gestión de los procesos del desarrollo tecnológico.

Los procesos objeto de estudio de la gestión tecnológica, en tanto procesos sociales, son procesos complejos, multidimensionales, inseparables de su contexto y de la globalidad de los procesos sociales; y, por tanto, sus estados y características involucran dimensiones históricas, económicas y sociológicas. Si bien ellos han sido considerados bajo ángulos y perspectivas distintas por disciplinas como la historia, la economía, la sociología y la psicología, cada una con su enfoque particular y sin pretensión alguna de una explicación total, es la gestión tecnológica, como región de saberes y un campo de conocimiento

transdisciplinario, la que conjuga y relaciona estos saberes parcelados, mediante su recomposición y recontextualización, para construir una mejor visión que incorpora la totalidad de características del proceso.

Los procesos de los cuales se ocupa la gestión tecnológica son diversos y dinámicos, en cuyo comportamiento y desarrollo se reconoce la existencia de ciertos patrones estructurales que son recurrentes y que constituyen la clave para comprender su evolución, pero también para entender las singularidades que le son inherentes. Este reconocimiento de los patrones subyacentes permite organizar la complejidad de este proceso en una exposición coherente para comprenderlo e intervenirlo, pero también para tratar sus diferencias.

En la dimensión económica del desarrollo tecnológico, afirma Katz, resulta obvio que no pueden usarse los mismos modelos teóricos para describir las complejidades e idiosincrasia de sociedades con grados extremadamente diferentes de madurez y desarrollo económico.

La organización de la producción en el ámbito de la empresa, la extensión de los mercados, su fraccionamiento y grado de imperfección, la naturaleza y comportamiento de las instituciones encargadas de la regulación, entre otras variables, son diferentes entre países, y resulta difícil aceptar que un sólo modelo pudiera utilizarse con la misma eficacia para comprender y dar cuenta del desarrollo tecnológico de las sociedades que difieren en aspectos importantes de su organización social (Katz, 1996).

### ***El proceso de gestión tecnológica***

La gestión tecnológica es, en su esencia, tecnología, de acuerdo con el concepto global que de tecnología se ha presentado en este artículo; pues es conocimiento que se usa en los procesos de toma de decisiones y de ejecución de las acciones derivadas de estas decisiones en los procesos de desarrollo tecnológico. El conjunto de teorías, modelos y herramientas que integran la gestión tecnológica, permiten la planeación, organización, operación, orientación, control y coordinación de los mecanismos y sistemas, el flujo de acciones e

interacciones que constituyen el proceso de desarrollo tecnológico, y sus interrelaciones con otros procesos sociales.

En el “dominio” de la práctica, las actividades de la gestión tecnológica configuran un proceso global cuyo objetivo último es la incorporación deliberada y sistemática del cambio tecnológico para el desarrollo de países, empresas u organizaciones. En este sentido la gestión tecnológica se asume como el “proceso de adopción y ejecución de decisiones sobre políticas, planes, estrategias y acciones relacionadas con la creación, difusión y uso de la tecnología” (Szabó, 1995). El proceso incluye, además de los procesos de toma de decisiones, los procesos para coordinar la ejecución de estas decisiones y los procedimientos mismos de operación para la ejecución de las decisiones. Procesos que están integrados por actividades que pueden catalogarse, de acuerdo con la clasificación tradicional, como gerenciales, administrativas y operativas propiamente dichas.

El proceso de gestión tecnológica, así como su objeto —el proceso de desarrollo tecnológico— y el uso de la tecnología misma, sólo pueden darse con el dominio de conocimientos, habilidades y destrezas asociados a esos procesos. Conocimientos, habilidades y destrezas que constituyen las capacidades tecnológicas; que son las que posibilitan y soportan todas las actividades involucradas en el desarrollo tecnológico, pero también todo lo que una organización o empresa hace en su cadena de valor. Ellas hacen parte de los recursos tecnológicos, junto con el conjunto de medios materiales (maquinarias, equipos, etc.) y otros elementos inmateriales como la propiedad intelectual, las bases de datos y de conocimientos. Son estas capacidades las que sustentan las características de los productos y servicios, los procesos y métodos de producción, los materiales que se usan, los métodos de organización, y los procesos gerenciales y administrativos; y con las cuales se operan, mejoran, transforman, reemplazan y crean los sistemas productivos y los productos. “El desarrollo y consolidación de tales capacidades permite saber acerca de las tecnologías que se requieren, acerca de cómo eva-

luarlas y comprarlas y acerca de la manera de usarlas, mejorarlas y adaptarlas, o de crearlas si fuere el caso” (Ávalos, 1993).

En esta perspectiva, el desarrollo, adquisición, utilización efectiva y consolidación de las capacidades tecnológicas pasa a tener una importancia capital en la gestión de la tecnología. Se hace mucho más relevante esta función de la gestión tecnológica a partir del reconocimiento de que los recursos tecnológicos son los elementos esenciales que habilitan a las empresas y los países para participar en forma estable y creciente en los mercados. Son ellos los que les permiten a empresas y países desarrollar competencias distintivas, con las cuales construyen y sostienen su competitividad (Bessant, 1995). Y es justamente con esta interpretación que se ha otorgado a la gestión tecnológica no sólo el papel motor en la gestión moderna de las organizaciones, sino también el rol de función institucional holística e integradora, en términos organizativos, de la gestión empresarial.

### ***La gestión tecnológica en el Sistema Nacional de Innovación***

La gestión tecnológica se realiza en diferentes niveles del sistema de innovación de los países, y la lógica y los objetivos generales de los procesos de gestión son los mismos, independientemente de donde se localicen dichos procesos, ya sea en el sector productivo o en las entidades de la infraestructura científico-tecnológica.

En el campo de las funciones del gobierno —según el modelo de Sábato— la gestión tecnológica se manifiesta en los planes y las políticas científicas y tecnológicas, así como en sus acciones coordinadoras, promotoras y de financiamiento de los esfuerzos de desarrollo que realizan las empresas e instituciones que forman el sistema. Pero también se extiende a la creación de un ambiente macroeconómico y un clima de competencia favorable en el mercado, que estimule a las empresas a invertir recursos y esfuerzos en el desarrollo y uso de capacidades tecnológicas para el desarrollo tecnológico. De igual manera, la gestión

del gobierno se expresa en la intervención en el sistema educativo para la formación de recursos humanos con las competencias apropiadas, y en la creación de instituciones específicas –reglas, regulaciones, rutinas, códigos, estándares, mecanismos, arreglos estructurales, organizaciones– para configurar un marco institucional adecuado, que regule y promueva vínculos entre las empresas productivas y comerciales y las instituciones educativas y de servicios tecnológicos, para juntar las capacidades necesarias y hacer posible el desarrollo tecnológico endógeno (Lall, 1996).

En la infraestructura científica y tecnológica del sistema nacional de innovación –configurada por los centros de investigación y desarrollo tecnológico, las instituciones y entidades de servicios tecnológicos, las instituciones educativas, etc.–, la gestión tecnológica también se expresa en planes, políticas, programas y acciones, alineados con los planes y políticas nacionales, formulados sobre la base de atender los problemas y necesidades sociales y de los sectores económicos. Si bien estas organizaciones se concentran en la gestión de proyectos para la producción de conocimiento –su producto esencial– también en ellas se realizan todas las actividades de gestión tecnológica, sólo que se hacen más frecuentes e intensivas y tienen un peso relativo más alto las actividades de gestión tecnológica relacionadas con la investigación y el desarrollo. Por ello, es aplicable en estas entidades las prácticas y procesos de gestión tecnológica que se ejecutan en las empresas, con las singularidades propias de la naturaleza de los procesos que ellas desarrollan y los insumos y recursos que utilizan.

Las actividades específicas de gestión de la investigación y desarrollo, y en particular de la innovación, son independientes de la localización del proyecto; ya sea en una empresa, instituto de investigación, centro de desarrollo tecnológico o centro académico, ellas recorren todas las decisiones y acciones desde la selección de los proyectos, organización, procura y aseguramiento de los recursos para su ejecución, hasta las actividades de protección de la propiedad intelectual y su comercialización.

## La gestión tecnológica en la empresa

En el ambiente empresarial la gestión tecnológica se revela en sus planes, políticas y estrategias tecnológicas para la adquisición, uso y creación de tecnología, así como cuando se asume la innovación como eje de las estrategias de desarrollo de los negocios. También es evidente cuando en la cultura de las empresas se ha logrado “crear una mentalidad innovadora, enfocada hacia el aprendizaje permanente que sirva de sustento al crecimiento de la competitividad en el largo plazo” (Colciencias, 1998).

En una empresa que ha incorporado la gestión tecnológica en su cultura, las actividades propias de ella están incorporadas en su cadena de valor y son realizadas en forma sistemática mediante unos procesos básicos que desarrollan funciones de gestión tecnológica. Procesos que integran competencias tecnológicas, competencias de gestión y recursos disponibles para la empresa en el cumplimiento de sus propósitos, objetivos, estrategias y operaciones. Procesos que involucran también el uso de datos, información y conocimientos, y la interacción social de personas en la creación de conocimiento y el desarrollo de innovaciones para la creación de valor y de ventajas competitivas (Gaynor, 1996). Entre estos procesos pueden mencionarse: la gestión del conocimiento, el monitoreo y la inteligencia tecnoeconómica, la evaluación de alternativas tecnológicas, la negociación de tecnología, la transferencia de tecnología, la asimilación y adaptación, y la investigación y el desarrollo.

En términos generales, los procesos de gestión tecnológica en la empresa involucran funciones básicas, como: “identificación, evaluación y selección de tecnologías, desagregación de paquetes tecnológicos, negociación de tecnologías, construcción y puesta en marcha de sistemas productivos, uso y asimilación de tecnologías, adaptación y mejoramiento de la tecnología, generación y comercialización de nuevas tecnologías” (Ávalos, 1993). El alcance de las actividades de gestión tecnológica va más allá de las considera-

das como básicas. El espectro es más amplio e incluye: suministro, monitoreo, análisis y evaluación de información técnica y prospectiva tecnológica; evaluación tecnológica de la empresa; planificación del desarrollo tecnológico; gestión del financiamiento del desarrollo tecnológico; identificación, selección y reclutamiento de asesores técnicos; formulación y ejecución de políticas de capacitación del recurso humano; patentamiento, prevención y protección de derechos de propiedad intelectual; y muchas más.

Ávalos (1993), por ejemplo, agrupa los procesos de gestión tecnológica en la empresa en tres ámbitos: el de la adquisición, el de su uso propiamente dicho y el de la realización de actividades de investigación y desarrollo, en los que ubica algunas de las funciones de gestión tecnológica antes señaladas.

La adquisición de tecnología tiene un papel importante en el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas y por ello se le asigna el propósito general de convertir los procesos de compra de tecnología en procesos que permitan una verdadera transferencia de tecnología; orientando la gestión a adquirir las capacidades tecnológicas para usar adecuadamente la tecnología, adaptarla y mejorarla, más que a adquirir una capacidad productiva. En las etapas globales para la adquisición de tecnología, Ávalos incluye: búsqueda de información, selección, evaluación, negociación y adopción de tecnología; y considera fundamentales para el proceso de adopción: el diseño de ingeniería, la compra de maquinaria y equipos, la construcción, el montaje, la prueba y puesta en marcha de los sistemas productivos.

Destaca también Ávalos la necesidad de hacer gestión tecnológica durante el uso de la tecnología, desarrollando estrategias diseñadas para convertir la experiencia en producción y mantenimiento, y en procesos de aprendizaje deliberados, mediante la observación, registro y análisis de esa experiencia. O sea, que la gestión tecnológica en el uso de la tecnología, tiene el objetivo de usar la experiencia como fuente de aprendizaje consciente, racionalizándola para adquirir co-

nocimientos complementarios a los que se recibieron del proveedor de tecnología. Procesos de aprendizaje planeados, organizados y desarrollados para una asimilación plena de la tecnología, y lograr así una explotación de su máximo potencial, con la optimización, adecuación y adaptación a las condiciones cambiantes del mercado donde opera.

En la gestión de la investigación y el desarrollo, la empresa debe realizar actividades de gestión tecnológica a fin de crear nuevos y mejores productos y procesos, pero también actividades para el mejoramiento de los productos y procesos existentes por medio de programas de mejoramiento continuo o de actividades propias de un sistema de aseguramiento y mejoramiento de la calidad. La empresa puede desarrollar actividades de gestión de la investigación y desarrollo, así no disponga de una unidad especializada dentro de la organización para realizarlas, si ha desarrollado capacidades de vinculación con unidades de la infraestructura del sistema de innovación. Pero sea cual sea el estado de desarrollo y madurez de la gestión tecnológica en la empresa, los procesos genéricos que debe ejecutar en el ámbito de la investigación y el desarrollo son similares a las de un instituto o centro de desarrollo tecnológico, pero con un portafolio de proyectos de una alta composición de proyectos de desarrollo de nuevos productos y procesos, más que de proyectos de investigación básica y aplicada.

La gestión de la innovación tecnológica en las empresas no se reduce únicamente al ámbito de la investigación y el desarrollo de los productos y procesos productivos. Ella se extiende a todas las actividades de la cadena de valor donde se pueda mejorar la productividad y la competitividad. “Una empresa ya no puede basar su competitividad exclusivamente en la innovación de sus procesos sustantivos. Las funciones de apoyo, al adquirir un carácter estratégico, también deben incorporar innovaciones” (Ramírez, 1999). Son múltiples las posibilidades de innovación en estas otras actividades, aunque en la práctica son más visibles las que se logran en los cambios organizacionales, las que se producen con los programas

de aseguramiento de la calidad, las que se buscan con los programas de reducción de desperdicios de insumos y materias primas, las que se persiguen con los programas de incremento de la eficiencia en el uso de energía, e inclusive, las que se introducen con los cambios de estilos y prácticas gerenciales y administrativas.

El valor estratégico que tiene el conocimiento en la construcción y sostenimiento de la competitividad en una economía basada en el conocimiento, hace del proceso de gestión del conocimiento un proceso clave en la gestión tecnológica de la empresa. La empresa debe sistematizar deliberadamente los esfuerzos para encontrar, reunir y organizar el capital intelectual –conocimiento– que hay en ella (Datz, 1999), para usarlo en la creación de valor y de ventajas competitivas. Ella debe aprender a mejorar el conocimiento actual, aprender a crear un nuevo conocimiento y a difundirlo o transferirlo a donde se requiera en la organización (Nayak, 1998). Este proceso tiene el propósito de hacer de la empresa una organización inteligente que sea capaz de tomar decisiones rápidas, para responder oportunamente a los cambios que se producen en el entorno: cambios económicos, cambios demográficos, cambios tecnológicos, cambios en el mercado y, muy especialmente, cambios en los gustos, necesidades y expectativas de los clientes.

Como soporte del proceso de gestión del conocimiento, la empresa debe disponer de un sistema nervioso digital, equivalente al sistema nervioso biológico, que sea capaz de aportar un flujo de información, bien integrado al lugar oportuno de la organización, y en el momento oportuno (Gates, 1999). Sistema que integre las fuentes de información corporativa y las fuentes externas, y permita encadenar estrechamente la base de conocimiento de la empresa y la inteligencia de las personas al obtener y transformar información en conocimiento y en acción inmediata para crear valor; todo ello en la perspectiva de construir una ventaja competitiva.

El proceso de gestión del conocimiento, en su objetivo de crear valor a partir del empleo e in-

cremento del conocimiento estratégico que posee una organización, debe integrar virtualmente los procesos de socialización, externalización, combinación e internalización del conocimiento, para aumentar la base de conocimiento, con los procesos de recolección, creación, distribución y uso del conocimiento, para que efectivamente se conecte la base de conocimientos con la creación de valor en la empresa (Arteche, 1999).

Son críticas, en todos los procesos de gestión tecnológica, las actividades para la vinculación e interacción de los distintos actores y agentes involucrados en el proceso de desarrollo tecnológico. Son ellas, actividades requeridas para hacer efectiva la integración de capacidades tecnológicas, y para la búsqueda proactiva de insumos del mercado, así como de información, de contribuciones tecnológicas externas y de recursos financieros. Resultan cruciales para el éxito de las innovaciones las vinculaciones con otras empresas, con proveedores de insumos, materiales y tecnología, con clientes y usuarios potenciales del resultado de la innovación, con universidades y centros de desarrollo tecnológico, con firmas de ingeniería y consultoría; que no pueden dejarse a la generación espontánea o casual, sino que deben ser planeadas, organizadas y ejecutadas en forma deliberada, es decir, gestionadas.

## Conclusiones

Una gran conclusión que se deriva de este ensayo es que la tecnología es un sistema de conocimientos que evoluciona en estrecha relación e influencias con otros procesos sociales, con grandes discontinuidades y guiado por paradigmas tecnoeconómicos. Proceso de evolución que genera profundas y complejas transformaciones en la sociedad, con efectos dramáticos, y que requiere de un marco socio-institucional que moldea, selecciona, regula y orienta el rumbo definitivo del potencial que ofrece cada paradigma tecnoeconómico.

Hoy es más evidente que el desarrollo tecnológico está regido por una clara intencionalidad social, que conjuga intereses y objetivos de los dis-

tintos actores que en él intervienen; y que es usado como un instrumento para implementar la voluntad de cambio de estructuras y procesos sociales, económicos y naturales. Y si bien el proceso de desarrollo tecnológico se encuentra embebido en la trama de sucesos de la evolución de las sociedades, suele considerársele actualmente como un proceso endógeno del proceso de desarrollo económico, y como un proceso no lineal que avanza con discontinuidades producidas por los cambios de paradigmas.

Del análisis del desarrollo tecnológico y de los modelos analíticos de la innovación, se colige que los procesos de innovación son los principales agentes del cambio tecnológico. Innovaciones que hoy se interpretan como procesos integrados por un conjunto de múltiples etapas interactivas, con una diversidad de tareas específicas y de prácticas gerenciales y administrativas, y que involucran una fuerte interacción con el entorno tecnológico y el mercado. El otro aspecto relevante de este proceso, es que en las empresas no sólo se vinculan prácticamente todas las unidades funcionales, sino que también se involucra a potenciales usuarios y proveedores de tecnologías, asesores, centros e instituciones de investigación y desarrollo, para acceder a capacidades que no se tienen en la organización, en la perspectiva de disminuir los riesgos y problemas y de asegurar el éxito de las innovaciones.

Se ha dicho en este ensayo que la gestión tecnológica es un sistema de conocimientos transdisciplinarios que determina un dominio de prácticas, pero también que es un proceso multidimensional cuya función es la planeación, la organización, la dirección, la ejecución y el control del desarrollo tecnológico en los sistemas nacionales de innovación y en las empresas.

Igualmente se deriva, como corolario de la exposición, que como la gestión tecnológica lo que gestiona finalmente es conocimiento, pues la tecnología es en esencia conocimiento aplicado, las organizaciones que existirán en el futuro serán las que aprendan a gestionar el conocimiento como recurso y como producto para incorporarlo en

los bienes y servicios que ponen en el mercado. En consecuencia, debido al carácter estratégico que tiene hoy el conocimiento, las empresas deben convertirse en organizaciones inteligentes, incorporando en forma deliberada procesos y prácticas de gestión del conocimiento, para crear conocimiento y explotar su potencial en la creación de valor y de ventajas competitivas.

Es claro, que cualquiera sea la organización que se dé a los procesos de gestión tecnológica en las empresas, su alcance debe extenderse a actividades de investigación y desarrollo, diseño, manufactura, mercadeo, ventas, distribución, servicio al cliente, sistemas de información, recursos humanos, finanzas, compras, clientes, proveedores, relaciones públicas, administración general y de vinculación externa con todos los agentes de desarrollo tecnológico.

Y, finalmente, con la visión de conjunto que se ha presentado en esta síntesis sobre la tecnología, su desarrollo y la manera de intervenirlo y conducirlo a los propósitos de desarrollo social, es claramente visible cómo la gestión tecnológica, y particularmente la gestión de la innovación y el conocimiento, pueden efectivamente alterar la posición competitiva de países y empresas cuando ella se adopta como eje articulador de sus desarrollos.

## Referencias

1. Arrow, K. "Economic welfare and the allocation of resources for invention in National Bureau of Economic Research. The rate and direction of inventive activity". Princeton University Press. Princeton. 1962 (Citado por Katz, 1990).
2. Artech, G., Rozas, W. "Conocimiento estratégico: crear valor con la gestión del conocimiento". Harvard DEUSTO Business Review. No. 91, 1999.
3. Ávalos, I. "Aproximación a la gerencia de la tecnología en la empresa". Martínez E. (editor). *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología*. Editorial Nueva Sociedad. Caracas Venezuela. 1993.
4. Bernal, C. E., Morales A. "Investigación e innovación en ingeniería en Colombia". Seminario *Ingeniería, Investigación y Sociedad*. Colciencias, Universidad de Antioquia. Rionegro — Antioquia. 1998.

5. Bessant, J. "Impacto en la industria de la gestión tecnológica". Segundo seminario internacional de "Gestión tecnológica: Estrategia e innovación tecnológica". Universidad de Los Andes—Colciencias. Bogotá. 1995.
6. Bifani, P. "Cambio tecnológico y política científica y tecnológica". Martínez E. (editor), "Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología". Editorial Nueva Sociedad. Caracas. 1993.
7. Cassiolato, J. E. "Innovación y cambio tecnológico". Martínez E. (editor), "Ciencia, Tecnología y Desarrollo: Interrelaciones teóricas y metodológicas". Editorial Nueva Sociedad. Caracas. 1994.
8. Colciencias. "Sistema Nacional de innovación: Nuevo escenario de la competitividad". Bogotá. 1998.
9. Colciencias, "Plan estratégico del programa nacional de desarrollo tecnológico industrial y calidad, 2000-2010", Santafé de Bogotá, mayo de 2000.
10. Datz, T. "Hable como un experto". Gestión. Vol. 2. septiembre-octubre. 1999.
11. Davenport, T., Prusak, L. "Working Knowledge". Harvard Business School Press. Boston. Massachusetts. 1998.
12. Díaz, Mario. "La organización del conocimiento en campos, su relación con las disciplinas y regiones". Documento Universidad del Valle. Cali. 1997.
13. Dosi, G. *et al.* "Technical change and economic theory". Pinter, England. 1982. (Citado por Martínez. 1994).
14. Gates, B. "Los negocios en la era digital". Plaza Janés Editores S.A. Barcelona. 1999.
15. Gaynor, G. "Management of Technology: description, scope, and implicatios. Gaynor, H. (ed.). "Handbook of Technology Management". McGraw-Hill. New York. 1996.
16. Kanz, J., Lam, D. "Technology, Strategy, and Competitiveness: An Istitutional-Managerial Perspective". Gaynor, G. (de.). "Handbook of Technology Management". McGraw-Hill. New York. 1996.
17. Khalil, T.M. "Future Directions and Needs for the New Century". Report of the Workshop on Management of Technology and the Paradigm Shift in Education in Response to the Technology Revolution, NSF, Arlington. Virginia. U.S.A. September, 14-15. 1998.
18. Katz, J. "Tecnología, economía e industrialización". Jean-Jacques Salomon y otros (Compiladores), "Una búsqueda incierta: Ciencia, Tecnología y Desarrollo". Fondo de Cultura Económica. México. 1996.
19. Katz, J. "Teoría económica y política tecnológica". BID—SECAB—CINDA (editores), "Conceptos generales de gestión tecnológica". Santiago de Chile. 1990.
20. Kennedy, Ch. "Induced bias innovation and theory of distribution". The Economic Journal. September, 1964 (Citado por Katz, 1996).
21. Lall, S. "Las capacidades tecnológicas". Jean-Jacques Salomon y otros (Compiladores), "Una búsqueda incierta: Ciencia, Tecnología y Desarrollo". Fondo de Cultura Económica. México. 1996.
22. Morin, J., Seurat, R. "Gestión de los recursos tecnológicos". Fundación COTEC para la innovación tecnológica. Madrid. 1998.
23. Martínez, E. "Progreso tecnológico: la economía clásica y la economía neoclásica tradicional". Martínez, E. (editor). "Ciencia, Tecnología y Desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas". Editorial Nueva Sociedad. Caracas. 1994.
24. Nayak, P.R., *et al.* "Aprender a aprender". Gestión, Vol. 1. enero-febrero, 1998.
25. Nelson, R., Winter, S. "An evolutionary Theory of economic Change". Harvard U.P. EEUU. 1982 ( Citado por Martínez, 1994).
26. Pérez, C. "Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto". En "El sistema internacional y América Latina, la tercera revolución industrial, impactos internacionales del actual viraje tecnológico". Grupo Editor Latinoamericano. 1986.
27. Porter, M.E. "Ventaja Competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior". CECSA. México. 1995.
28. Ramírez, H. "El capital intelectual, base de la capacidad competitiva de la organización". Comercio Exterior. México. Diciembre, 1999.
29. Roberts, E. B. "What we've learned managing invention and innovation". IEEE Engineering Management Review. Vol. 17. No. 1. March, 1989.
30. Rodríguez, P. "Las nuevas tecnologías: Oportunidades y riesgos". Jean-Jacques Salomon y otros (Compiladores). "Una búsqueda incierta: Ciencia, Tecnología y Desarrollo". Fondo de Cultura Económica. México. 1996.
31. Rosenthal, S. R. "Diseño y desarrollo eficaces del nuevo producto". McGraw-Hill. México. 1997.
32. Salomon, J.J. *et al.* "De la tradición a la modernidad". Jean-Jacques Salomon y otros (Compiladores). "Una búsqueda incierta. Ciencia, Tecnología y Desarrollo". Fondo de Cultura Económica. México. 1996.

33. Schumpeter, J. "Business Cycle: A Theoretical and Statistical Analysis of the Capitalistic Process". McGraw-Hill. 1939 (Citado por Katz, 1990).
34. Solow, R.. "Technical change and the aggregate production function". En N. Rosenberg (ed.). *The Economics of Technological Change*, Penguin. England. 1971. (Citado por Martínez, 1994).
35. Steele, L.W. "Managing Technology: The Strategic View". McGraw-Hill. New York. 1989.
36. Szabó, Z. "Seminario sobre gestión tecnológica". SENA. Medellín. 1995.
37. Usher, A. "A history of mechanical inventions". Harvard U. P. Cambridge, Mass. EE.UU. 1954 ( Citado por Martínez, 1994).
38. Waissbluth Mario, *et al.* "El paquete tecnológico y la innovación". BID-SECAB-CINDA (editores). *Conceptos generales de gestión tecnológica*. Santiago de Chile. 1990.
39. Winner, L. "Tecnología autónoma". Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona. 1979.
40. Zubboff, S. "In the age of the smart machine". Basic Books. New York. 1988 (Citado por Kanz, 1996).