

# Tecnología, Innovación e Incertidumbre

## Technology, innovation and uncertainty

**Jesús Rodríguez Cortezo.** Ingeniero Industrial  
 Director General de la Fundación OPTI. [j.rodriguezcorozo@opti.org](mailto:j.rodriguezcorozo@opti.org)

**Resumen:** Es preciso hacer una distinción clara entre ciencia, tecnología e innovación y, sobre todo, rechazar el modelo de relación lineal entre unas y otras. Mucho más útil es acudir al concepto de Sistema Nacional de Innovación que resalta las relaciones interactivas entre los agentes de dicho sistema como clave de la eficacia del mismo. Para la empresa, la idea directriz es la de innovación, entendiendo por ésta aquella que los mercados aceptan como tal. La innovación contiene muchos elementos, además de la tecnología, aunque la tecnología es el más importante; esto quiere decir que la innovación descansa en un conjunto de interrelaciones entre los componentes de la empresa y de éstos con el exterior de la misma (proveedores y clientes).

Las decisiones que se toman relacionadas con la tecnología y su plasmación en innovación, están rodeadas de un elevado nivel de incertidumbre, debido a diversos factores: la complejidad de las tecnologías, el ritmo de evolución de las mismas, la globalización, la reducción del ciclo de vida de productos y servicios, etc ... La reducción de este nivel de incertidumbre es un objetivo prioritario, y para ello se utilizan las técnicas de la prospectiva.

**Palabras Clave:** Tecnología, Innovación, Empresa, Incertidumbre, Prospectiva

**Abstract:** It is necessary to make a clear distinction between science, technology and innovation and to reject the model of lineal relationship between the same. It is far more positive to adhere to the concept of the National Innovation System which underlines the interactive relationship between the agents of the said system as the key to the efficiency of the same. For a company, the guiding idea is that of innovation, when taking this to mean what the marketplace accepts as such. However, innovation is composed of many elements in addition to technology, though technology remains the keystone. This means to say that innovation relies on a series of inter-relationships between company components and between these and the outside world (suppliers and clients).

Decisions taken regarding technology and its materialization in the form of innovation, are all surrounded by a high degree of doubt due to a series of factors: the complexity of technology, the rate of development of the same, globalization and the reduced life-cycle of products and services, etc. It is of utmost importance to reduce this level of doubt and this requires the employment of forecasting techniques.

**Keywords:** Technology, Innovation, Company, Doubt, Forecasting

### Una idea de tecnología

Para empezar, una obviedad: "Vivimos en una sociedad intensiva en el uso de tecnologías y totalmente dependientes de ellas". La frase es escasamente ingeniosa, pero sirve para introducir dos ideas: la inmensa riqueza de posibilidades que tal disponibilidad de tecnología aporta, y, al mismo tiempo, la vulnerabilidad a que está sometida esa sociedad, tanto por los fallos de la tecnología como por el posible mal uso de la misma. Partiendo de ello, habrá que convenir en que para entender los fenómenos relacionados con la tecnología lo primero que hay que hacer es desacralizar la palabra. Es habitual que la aproximación más frecuente a

la tecnología esté revestida de un carácter mágico, casi religioso. La tecnología es contemplada como una panacea universal para todos los males. Su aplicación resolverá todos los problemas de desigualdad, enfermedad, poder, muerte, injusticia.... Y la esperanza en sus virtudes evitará pensar en otras cosas y enfrentarse con la realidad desde otras perspectivas. Esto conduce a lo que se podría denominar "entontecimiento tecnológico", o, lo que es lo mismo, a perder de vista el carácter instrumental de la tecnología, lo que puede ser grave.

Para evitarlo, es preciso volver la mirada atrás y contemplar la evolución de la tecnología como un proceso continuo en la historia de la humanidad. La tecnología, en cada mo-

mento, no ha sido más que una acumulación de conocimientos y de ingenio humano, materializados en conjuntos de procedimientos y herramientas mediante los que se procuraba hacer las cosas mejor, hacerlas más baratas, o hacer cosas que antes no se podían hacer. Nada más, pero tampoco nada menos. En el fondo, de lo que se está hablando es de la aplicación del conocimiento con fines útiles. Y en esta óptica, la historia de la industria se puede definir como la historia de la apropiación con objetivos económicos del conocimiento aplicado. Si se acepta este planteamiento, se verá que se está recuperando una interpretación instrumental de los fenómenos tecnológicos. Más aún, si se da un paso más y se reconsidera el concepto de "tecnología crítica", y se conviene en que "en un contexto determinado, las tecnologías críticas no son necesariamente las más recientes, sino las que mejor responden a las necesidades del mismo".

A partir de aquí se pueden hacer algunas consideraciones sobre la relación entre ciencia y tecnología, porque la interpretación de la tecnología como una emanación directa del conocimiento científico es una idea moderna, fraguada en el siglo XX. Históricamente lo que se ha dado más bien ha sido una clara autonomía de la tecnología respecto a la ciencia, aunque siempre con una profunda interrelación entre ambas. Valga como ejemplo el de los inicios del ferrocarril. Como es bien sabido, la primera locomotora de vapor que recorrió unos kilómetros sobre raíles fue obra de George Stephenson; lo que es menos recordado es que Stephenson era un maestro de taller, observador e ingenioso, pero de formación eminentemente práctica. De hecho, aprendió a leer y escribir en edad adulta.

Era frecuente en aquellos tiempos que la observación del funcionamiento de los ingenios fuera la que alimentara a la reflexión científica, y así, la teoría de la termodinámica es elaborada contemplando el funcionamiento de las calderas de vapor. Se da, pues, muchas veces, y sin que haya que

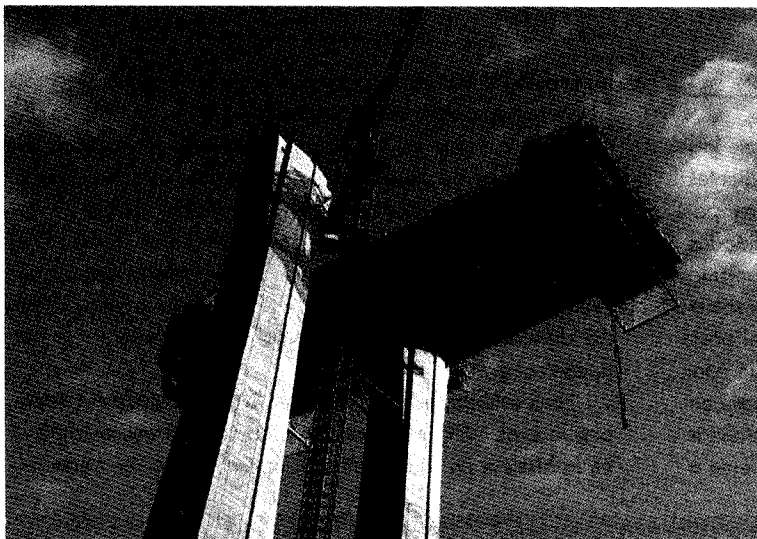
convertir esto en axioma, a lo largo de la revolución industrial, una conceptualización que es posterior a las invenciones y a su aplicación.

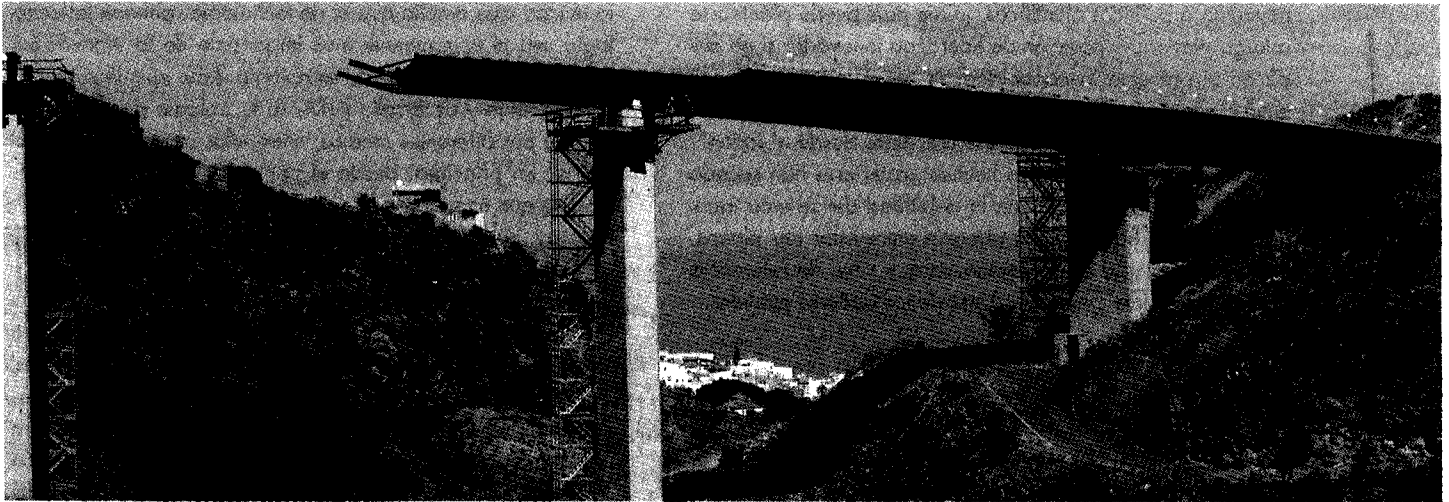
En este sentido, vale la pena de citar a Ortega y Gasset en su "Meditación sobre la técnica", libro publicado en 1933: "Importa mucho subrayar este hecho de primer orden: que la maravilla máxima de la mente humana, la ciencia física, nace con la técnica. Galileo joven no está en la universidad, sino en los arsenales de Venecia, entre grúas y cabrestantes. Allí se forma su mente". Hasta aquí, Ortega.

### Políticas científicas y tecnológicas

Si ha de buscarse un momento en que cambia radicalmente la lectura de las relaciones entre ciencia, tecnología e industria, éste se encuentra en la Segunda Guerra Mundial, aunque las cosas vengan de más lejos. Efectivamente, la tremenda expansión de la aplicación de los avances científicos a objetivos finalistas que se produce durante el conflicto, conduce a la elaboración de una interpretación lineal de las relaciones entre ciencia, tecnología e industria como elementos de una cadena lógica y secuencial. Se piensa que el conocimiento científico deriva, de una manera natural, hacia tecnología aplicada que, a su vez, da lugar a productos y servicios finales, todo ello como consecuencia de una dinámica interna del sistema. Contribuye decisivamente a ello la consolidación de sectores industriales basados directamente en la ciencia, como los de Química, Farmacia, Electrónica, Telecomunicaciones, etc... Tardarán décadas en abrirse paso otras interpretaciones que cuestionen este modelo lineal y pongan de manifiesto la real interacción de estos eslabones de la cadena entre ellos y con las exigencias y condiciones del contexto en que operan.

Es también a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando comienza la intervención activa y beligerante de los gobiernos en este campo, con la puesta en marcha de políticas públicas de promoción de la ciencia y la tecnología. En una primera etapa se trata de Política Científica. Todos los estados que se lo pueden permitir, y muchos que no pueden, hacen cuantiosas inversiones en grandes instalaciones de investigación científica básica, a las que se asocia la soberanía de los países y la prosperidad de sus ciudadanos. En el fondo subyace la interpretación lineal que se ha mencionado, y la creencia en que el conocimiento básico desarrollado revertirá, casi por la fuerza de las cosas, en tecnología aplicada y en la utilización de ésta por el sistema productivo. Por supuesto, las limitaciones a este esfuerzo se ponen de manifiesto pronto, incluso en los prósperos años sesenta: no son sólo las barreras de entrada a las inversiones, con ser éstas importantes, sino, sobre todo, el mantenimiento de la continuidad de estas grandes instalaciones, lo que las hace prohibitivas para muchos países.





Pero cuando se puede considerar que se inicia una segunda etapa es a raíz de la crisis del petróleo de 1973, consecuencia de la guerra árabe-israelí de ese año. La radical subida de precios de la materia prima clave, la energía, trastoca las reglas del juego en las que se ha apoyado la larga fase de expansión económica iniciada en la posguerra y, como ocurre en toda situación de recesión, pone a la competitividad en primer plano, como condición para la supervivencia. Lo que ocurre es que a estas alturas ya se tiene conciencia de que la tecnología es un factor de competitividad, y uno de los más importantes. En consecuencia, los gobiernos empiezan a poner en marcha lo que se va a llamar Políticas Tecnológicas. La gran novedad que aportan éstas es la aportación de fondos públicos a empresas privadas individuales para fomentar sus esfuerzos en desarrollo tecnológico. Ello se hace a través de diversos mecanismos, como subvenciones a fondo perdido, créditos preferenciales, contratos de desarrollo, bonificaciones fiscales, etc... Para hacer esto compatible con las sacrosantas reglas del mercado se arguye que las empresas que invierten en desarrollo tecnológico asumen un riesgo mayor que las que no lo hacen (lo que es cierto), y que además los retornos de tal desarrollo no son íntegramente apropiables por ellas, dados los mecanismos de transmisión del conocimiento que caracterizan a una sociedad abierta (lo que también lo es).

### La Innovación

Se puede hablar de una tercera etapa caracterizada porque la innovación es la referencia esencial. La innovación es la plasmación final en términos económicos de la aplicación del conocimiento, y se mide en los mercados: sólo es innovación lo que éstos aceptan como tal. El momento de este giro se identifica con la introducción por Freeman del concepto de Sistema Nacional de Innovación en un artí-

culo publicado en 1987 y titulado, significativamente, *Lessons from Japan*. Los elementos del Sistema Nacional de Innovación son: el tejido empresarial; el sistema público de I+D; el sistema financiero; la educación; la Administración... Pero lo que pone de manifiesto Freeman es que lo que hace más eficaz al Sistema no es tanto el peso específico de cada uno de estos elementos, ni de la sumatoria de los mismos, sino el tipo de interrelaciones que hay entre ellos. Al decir esto, relativiza hasta cierto punto la importancia del potencial científico y tecnológico frente a las relaciones entre los componentes del sistema de innovación. De hecho, en el mismo trabajo dice textualmente: "El sistema nacional de innovación puede permitir a un país dotado de recursos muy limitados progresar muy rápidamente gracias a combinaciones apropiadas de tecnologías importadas y de trabajos de adaptación y desarrollo realizados nacionalmente. En contrapartida, las debilidades del sistema nacional de innovación pueden llevar a una dilapidación de los recursos más abundantes mediante la persecución de objetivos inadecuados o la utilización de métodos ineficaces".

Las Políticas de Innovación tienen como objetivo la creación de un marco que facilite ésta. Un marco de elementos muy dispares: jurídico-reglamentarios, financieros, fiscales, educativos, infraestructurales... El fortalecimiento del sistema de generación de conocimiento básico forma parte esencial de él, así como el de la capacidad tecnológica de la industria, pero en relación con ésta, las ayudas públicas ya no van prioritariamente a la financiación de proyectos de empresas individuales, sino a la creación de infraestructuras tecnológicas utilizables por todo el sistema productivo: centros tecnológicos, parques tecnológicos, actividades de formación y difusión, redes de comunicaciones, apoyo a operaciones en el exterior, etc....

Obviamente, el esquema aquí presentado es una simplificación de la realidad, y peligroso, como todas las simplificaciones. Nada más nefasto que contraponer políticas de in-

novación a políticas científicas. ¿Que país puede plantearse a largo plazo una posición de liderazgo innovador si no cuida en el presente la capacidad de generación de conocimiento científico básico? Es cierto que Freeman tituló su famoso artículo hace quince años "Lecciones desde el Japón", pero no lo es menos que los hechos posteriores han sacado a la luz las consecuencias de la debilidad del sistema japonés en ciencia básica. Es la armonía entre estos tres planos, ciencia, tecnología e innovación, lo que sirve de referencia a una política inteligente por parte de los poderes públicos.

### **Innovación en la empresa**

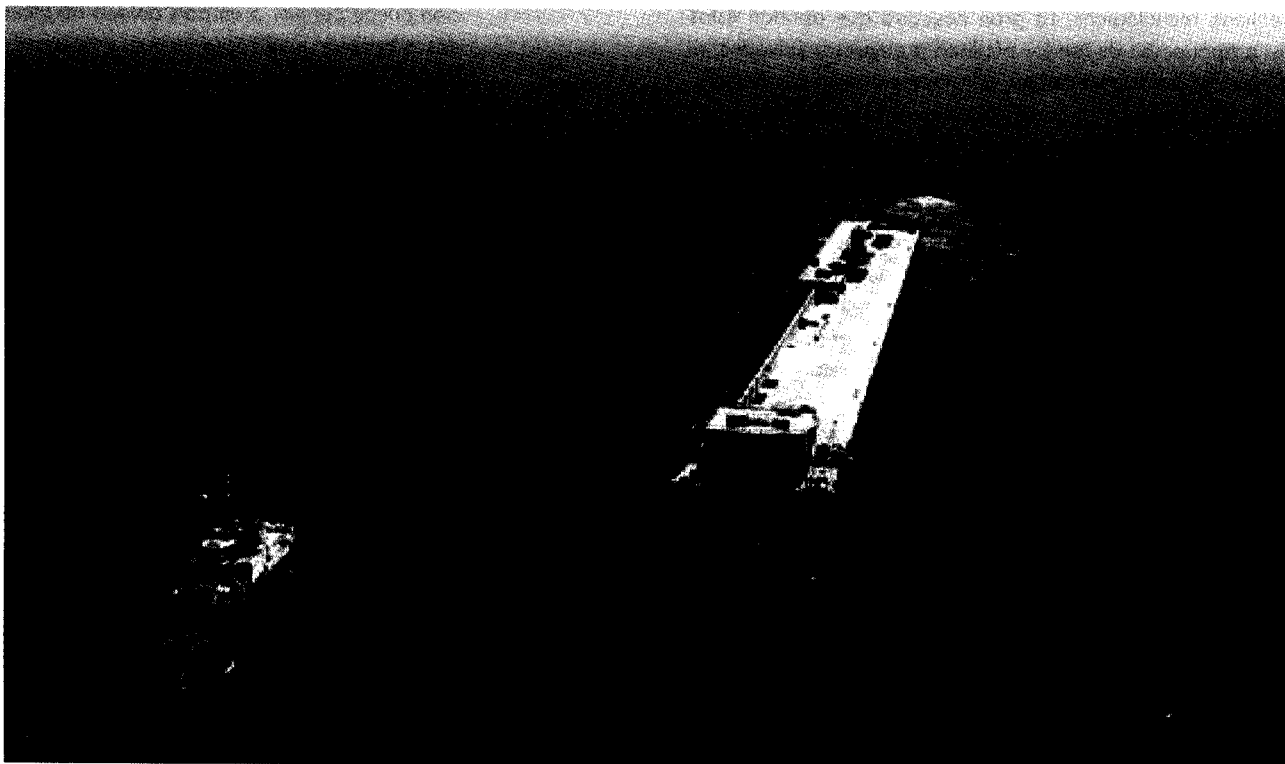
La aplicación de esto a la empresa se traduce en la puesta en el mercado de productos o servicios nuevos, o bien sustitutivos de otros respecto a los que presentan ventajas (en calidad, precio, o de cualquier otro tipo) valorables por el mercado. Para que se pueda hablar de innovación tiene que haber una repercusión en el mercado de los resultados de la misma. Estos resultados, por su parte, son la materialización de algún tipo de progreso técnico aplicado a las actividades desarrolladas en la empresa.

La innovación puede localizarse en la comercialización, la financiación, la organización, la atención al cliente, la relación con suministradores, o, por supuesto, la incorporación de tecnología. Pero es un error identificar innovación únicamente con avance tecnológico. La innovación es un concep-

to mucho más amplio que el de tecnología, aunque la tecnología sea el componente más importante de la innovación. Tampoco incorporación de tecnología debe identificarse con investigación y desarrollo (I+D). La tecnología puede ser adquirida por diferentes medios, entre ellos por desarrollo propio, y, en principio, desde el punto de vista de la innovación, lo que importa es su disponibilidad.

Hay, pues, que distinguir tres planos conceptuales:

- La innovación se produce referida al mercado. Las innovaciones más sustanciales suelen descansar en alguna forma de avance tecnológico, pero en su resultado final influyen otros componentes además de la tecnología. Análisis realizados en el seno de la Comisión Europea indican que en el conjunto de los gastos de innovación de la industria de diferentes países europeos la tecnología representa entre el 50 y el 60%.
- Incorporación de tecnología no quiere decir necesariamente desarrollo de la misma. La tecnología se puede comprar (patentes, licencias, know-how...), o asimilar por distintos medios. Desde el punto de vista de los resultados de la innovación, lo que importa es la apropiación de la tecnología más adecuada.
- El desarrollo de tecnología propia a través del proceso de I+D es la forma de apropiación que en mayor medida repercute en la fortaleza y autonomía de la posición de la empresa. Capacidad de I+D no quiere decir que necesariamente todos los productos del catálogo de una



Traslado del  
Dique de  
Mónaco.

empresa descansen en tecnologías propias (eso no ocurre nunca), sino que la empresa puede acometer con sus propios recursos aquellos desarrollos que considera claves para mantener su posición competitiva.

### El proceso de innovación

El hecho de que la innovación se apoye en el avance del conocimiento aplicado no establece una correlación lineal de dependencia entre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación industrial. Tradicionalmente se ha admitido este tipo de dependencia, dando lugar a una mala comprensión del proceso de innovación y de los mecanismos que conducen a ella. Aunque sigue existiendo un cierto clima de polémica alrededor de ello, actualmente se reconoce universalmente que el de innovación es más bien un proceso interactivo y bastante complejo. La innovación se produce por medio de interrelaciones continuas con el exterior de la empresa, especialmente con sus clientes y sus suministradores. Tanto unos como otros aportan la percepción del mercado, desde el punto de vista de exigencias y desde el de posibilidades. En algunos sectores, sobre todo de bienes industriales, la mayor parte de las innovaciones proceden de iniciativas de los clientes. Se pueden mencionar, como ejemplo, el diseño de circuitos integrados, la instrumentación o la máquina herramienta...

Además, la innovación exige también fuertes interrelaciones en el interior de la empresa, entre sus diferentes áreas funcionales: I+D, marketing, producción, finanzas, etc... Finalmente, la capacidad de innovación depende en gran medida de las relaciones de la empresa con las fuentes de tecnología: otras empresas, universidades, centros de investigación científica, redes de información...

En resumen, se puede afirmar que:

- 1) La innovación es una función distribuida que descansa en redes de interrelaciones.
- 2) Desde la materialización del conocimiento en forma de *invención* hasta la conversión en *innovación* hay un largo camino que muchas veces no se llega a recorrer.

Y en esto estamos. Los empresarios han de tomar decisiones para innovar, porque en ello les va la vida de sus empresas, y los estados definir estrategias que faciliten el éxito de estas operaciones innovadoras, porque en ello va la prosperidad y el bienestar de sus ciudadanos. Pero se ha hablado de incertidumbre como algo que planea sobre las condiciones en que se adoptan las decisiones de unos y se definen las estrategias de otros, y, aunque el concepto es intuitivo y nadie negará la realidad de esta frase, merece la pena de preguntarse qué subyace bajo ella para hacer que en la situación actual la percepción del futuro incierto sea



mucho más predominante que la que ha caracterizado a otras etapas anteriores.

### El sentimiento de la incertidumbre

Hay que recordar, en primer lugar, la definición de incertidumbre, y diferenciar este concepto del de riesgo, con el que a veces se confunde. El riesgo es inherente a toda decisión o estrategia. Cuando se habla de riesgo se está hablando de poder medir en términos de probabilidad las posibilidades de conseguir unos objetivos en relación con un escenario de futuro más o menos conocido. La incertidumbre consiste, precisamente, en el desconocimiento de ese escenario de futuro al que se remite el riesgo. Es la dificultad para dibujar las alternativas del porvenir posible lo que rodea de incertidumbre las decisiones a medio y largo plazo en materia tecnológica, y se pueden identificar las características del momento actual que configuran este marco decisorio. Son, a grandes rasgos, las que se expresan a continuación.

1. Esta es una sociedad intensiva en la aplicación del conocimiento, no hace falta insistir en ello, hasta el punto de que se la llama "Sociedad del Conocimiento". Al mismo tiempo es (¿resulta necesario decirlo?) una "Sociedad de la Información". Ambas cosas son verdad, lo que ocurre es que no son lo mismo. La confusión, tan frecuente, entre ambos términos, no deja de ser una perversión semántica que contribuye no poco a la falta de comprensión generalizada sobre los mecanismos de evolución de tal sociedad. Una cosa es la aplicación de conocimientos cada vez más complejos a todo tipo de actividades, y otra, bien diferente, la disponibilidad masiva de información de la que disfrutaban ciudadanos e instituciones. Es más, en el extremo, puede afirmarse que la sobreabundancia de información escasamente jerarquizada y estructurada puede redundar en incapacidad pa-

ra discernir la importancia y significado de la misma, es decir, en un menor conocimiento.

2. Las tecnologías que se utilizan son cada vez más complejas, y están, por ello, cada vez más lejos de la comprensión real del común de los mortales. Ello conduce, como una reacción defensiva natural, al refugio en las pequeñas "técnicas de uso", de manera que el dominio de lo instrumental se configura como una alternativa a comprender los fenómenos tecnológicos. El problema es que esto no afecta sólo a los ciudadanos que se hacen fuertes en sus habilidades con la fotografía, el vídeo, la mecánica o la navegación por Internet, sino también a los responsables de tomar decisiones.

3. La evolución de la tecnología es cada vez más rápida, y esto afecta especialmente a los sectores más directamente dependientes del avance de la ciencia básica: electrónica, informática, materiales, telecomunicaciones, micro y nano tecnologías... Son las tecnologías denominadas "horizontales" por ser utilizadas, y tener una gran influencia, en todos los restantes sectores de actividad. De hecho, las decisiones que se toman en estos otros sectores (los que se pueden llamar "sectores tradicionales", que, no hay que olvidarlo, constituyen la parte más sustancial del sistema productivo en la mayoría de los países) están mediatizadas por la acelerada evolución de esas tecnologías avanzadas "horizontales", y sucede con frecuencia que quienes tienen que tomar tales decisiones no poseen, ni tienen por qué poseer, una percepción adecuada de los efectos que en su propio sector pueden tener los avances tecnológicos de carácter "horizontal".

4. El volumen de las inversiones en las decisiones relacionadas con la tecnología es cada vez mayor. Pero, al mismo tiempo, el ciclo de vida de los productos es cada vez más corto. No parece necesario insistir sobre este hecho que es fácilmente comprobable en la vida cotidiana. Ello da lugar a una cruel paradoja, que es que inversiones más grandes deben ser amortizadas en plazos más breves, lo que introduce un factor gravemente perturbador en toda decisión que no sea de estricto corto plazo.

5. Finalmente, ha de tenerse en cuenta que toda decisión se adopta en un marco globalizado. No se trata aquí de explicar, una vez más, en qué consiste la globalización, sino de recordar que ésta no es sólo económica, y que afecta a muchos otros aspectos, y, por supuesto, al de la transmisión y aplicación del conocimiento. La

decisión sobre un proyecto de innovación tecnológica que se toma en un contexto determinado, está condicionada por decisiones en el mismo campo tomadas en cualquier otro lugar del mundo. Esto quiere decir que el éxito final de la decisión, en términos de innovación, no depende sólo de la excelencia técnica con que se haya desarrollado el proyecto, ni de la adecuación de los recursos empleados en ello, sino también, y sobre todo, de cómo hayan evolucionado proyectos similares a lo largo y a lo ancho del planeta.

El resumen de todo esto es que las decisiones relacionadas con la tecnología y con la innovación (que son casi todas las empresariales) se toman en un marco de acusada incertidumbre, y ello afecta tanto al ámbito público como al privado. El desafío es intentar reducir esa incertidumbre para poder definir escenarios del futuro posible que permitan referir a ellos las decisiones y estrategias a largo plazo de los políticos y de los empresarios.

### La prospectiva

Para ello se han desarrollado, y se están utilizando desde hace años, diversas técnicas, entre las que destacan las de prospectiva tecnológica. No se va a entrar en ellas, sino sólo decir que se apoyan en la reflexión colectiva de expertos en las diferentes materias y en el manejo inteligente de la información disponible (que es mucha, por algo se vive en la Sociedad de la Información). De esta reflexión no se va a deducir lo que va a ocurrir (eso sería imposible), sino lo que puede ocurrir en diferentes alternativas, y los caminos e hitos que conducen a unas u otras de tales alternativas. La observación de estos hitos, por medio de los indicadores adecuados, hará posible percibir hasta qué punto los diferentes escenarios, más o menos deseables, se acercan o se alejan de lo probable, y permitirán actuar en consecuencia.

No hay que engañarse: el futuro es incierto, lo ha sido siempre y lo seguirá siendo, pero, por eso mismo, no está escrito en las estrellas. El futuro lo hacemos entre todos en la medida en que seamos capaces de enfrentarnos con él, sin prejuicios y con nuestra capacidad de análisis intacta. Se trata, sobre todo, de encontrar tiempo para liberarse de la presión agobiante del corto plazo, y poder reflexionar, colectivamente y con espíritu abierto, sobre ese futuro incierto. Va a seguir siéndolo, por supuesto, pero lo será menos en tanto en cuanto seamos capaces de pensarlo. ■

### Referencias:

-ESCORSA, P. y VALLS, J.: *Tecnología e innovación en la empresa. Dirección y gestión*. Edicions UPC. 1997  
-TORRECILLA, J. M.: *La innovación en la práctica*. CISS Praxis. 2000.

-RODRÍGUEZ CORTEZO, J.: *Tecnología e industria: Realidades alcanzables*. ESIC. 1997.  
-BARCELÓ, M.: *Innovación tecnológica en la industria. Una perspectiva española*. BETA Editorial. 1994,  
-ROSENBERG, N.: *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*. Hogar del libro. ICT. 1993.

-RODRÍGUEZ CORTEZO, J.: *Introducción a la prospectiva: Metodologías, fases y explotación de resultados*. Economía Industrial. No 342. 2001.  
-FERNANDEZ GÜELL, J. M.: *El diseño de escenarios en el ámbito empresarial*. Pirámide. 2004.