

INNOVACION Y PREVISION TECNOLOGICA: PRINCIPALES MODELOS

Por Juan José RENAU PIQUERAS

*Profesor del Departamento de Economía de la Empresa
de la Universidad de Valencia*

SUMARIO:

1.—La innovación tecnológica: aspectos generales. 2.—Criterios de evaluación y selección de proyectos de investigación e innovación tecnológica. 3.—Métodos de previsión tecnológica.

Así:

$$\frac{dN}{dt} = p \left(1 - \frac{N(t)}{L} \right) N(t)$$

e integrando:

$$N(t) = \frac{L}{1 + \left(\frac{L}{N_0} - 1 \right) e^{-pt}}$$

Modelo de Laeton Hartman.— Pretende explicar el desarrollo de los nuevos conocimientos científicos.

Si I es el estado de la información para el momento t y, N el número de científicos existentes en el sector a considerar, tendremos:

$$\frac{dI(t)}{dt} = KN(t) I(t)$$

siendo K, la esperanza matemática de que un científico descubra una unidad de información nueva (la unidad de información nueva es el número medio de artículos publicados por un científico en un año).

En un campo nuevo como por ejemplo en el de los ordenadores, N puede ser exponencial. Así:

$$N(t) = N_0 e^{k_1 t}$$

k₁ es una constante y N₀ el número de científicos originalmente existentes.

La integración de dI/dt después de sustituir N(t) por la expresión que figura más arriba nos conduce a:

$$I = I_0 \left[\exp \cdot \left(\frac{KN_0}{k_1} \exp \cdot k_1 t \right) - 1 \right]$$

Después de estos métodos vamos a exponer de una manera muy resumida el método DELPHI.

Metodo DELPHI.— El método DELPHI (traducción inglesa del oráculo de Delfos) es, quizás, uno de los más utilizados en previsión tecnológica.

Tal método consta de tres etapas: la constitución de un grupo de expertos, la elaboración de cuestionarios, el desarrollo de la consulta y la posterior tabulación y análisis de los resultados. Vamos a describir a continuación el contenido de las tres etapas.

Constitución de un grupo de expertos.— Según Saint Paul y Ténière Buchot (15), el término experto es ambiguo por lo que ellos lo toman en sentido amplio, o sea, personas que por sus conocimientos, competencia, sentido, etc., son elegidos por quienes van a realizar la encuesta DELPHI como elementos constitutivos de la muestra objeto de análisis.

La forma en como se eligen los expertos y los requisitos que éstos deben reunir no va a ser descrita en este trabajo. Únicamente diremos que en el método DELPHI se tiene buen cuidado de aislar a los expertos a fin de garantizar su independencia. Todo ello es para conseguir que las variables sean independientes, lo cual permite obtener medias no sesgadas.

Elaboración de cuestionarios.— Las preguntas que figuran en los cuestionarios deben ser precisas, cuantificables e independientes.

Generalmente interviene en todas ellas el parámetro tiempo. Los cuestionarios suelen ser de dos tipos: sectoriales y generalizados.

Desarrollo práctico y explotación de un DELPHI.— El método DELPHI propiamente dicho consta de 5 fases: cuatro son de encuesta y una de tabulación y análisis. En cada una de las cuatro primeras fases se envía un cuestionario que tiene unas características diferentes. En las fases 2,3 y 4 se tabulan los cuestionarios enviados y recibidos procedentes de las fases 1, 2 y 3.

(15) Op. cit., pág. 254.

Por último en la 5.^a etapa se tabulan los resultados finales y se efectúa un análisis de los mismos. El por qué de los cuatro cuestionarios se halla en que lo que se trata es de lograr una distribución lo menos dispersa posible consiguiendo que los extremos vayan, a lo largo de las encuestas, confrontando sus contestaciones con los de la mayoría que quedan expresadas por medio de la mediana y el espacio intercuartílico (situado entre el primer y último cuartil), es decir, lo que un 50% de los consultados opinan.

Como no queremos extendernos en este método, ya que no se trata aquí de realizar un estudio exhaustivo de todos y cada uno de los métodos existentes, sino de dar una visión de algunos de ellos, para cualquier ampliación de lo aquí expuesto remitimos al lector a la obra que para la exposición del mismo venimos siguiendo (16).

Con el método DELPHI terminamos la muestra de métodos de previsión tecnológica que nos debía servir para dar una visión de cuales son los diversos tipos existentes.

Para terminar y a la vista de lo que antecede cabe hacerse una pregunta ¿Cual es la verdadera aportación de los métodos de previsión tecnológica? A la misma podemos contestar diciendo que las aportaciones más importantes son las siguientes (17):

— Obligación de examinar y de sopesar sistemáticamente todos los aspectos de un proyecto, de un problema y situarlos en una perspectiva más amplia en cuanto a la competencia, desarrollo, estrategia de la empresa, etc.

— Obligación de explicitar los objetivos correspondientes a todos los niveles de

decisión y de obtener una aprobación o consumo a los mismos.

— Efecto de coherencia, también desde el punto de vista de las necesidades de financiación de las inversiones inducidas por la innovación tecnológica.

— Efecto de coherencia en el funcionamiento, es decir, en la relación recíproca de la investigación hacia el mercado y del mercado hacia la investigación.

— Puesta en evidencia de las lagunas de información disponible; sobre todo el distinguir la información básica de la secundaria.

— Posibilidad de integrar en el análisis a las variables cualitativas, cuando las mismas pueden llegar a ser las más importantes que las cuantificables.

— Posibilidad de apreciar la sensibilidad de las decisiones tendentes a modificar un criterio y su peso relativo, de modo que se puede adaptar mejor el programa de innovación-investigación a la estrategia global de la empresa.

— Ayudar a desarrollar la innovación, creando un espíritu de participación, favoreciendo la aparición de proyectos nuevos, etcétera.

— Aumentar el poder de negociación; simplemente, conociendo mejor las condiciones e implicaciones de cada proyecto y sus conexiones con la estrategia general. Igualmente, en el momento de colaboración con el anterior, permitiendo articular un dossier exhaustivo y coherente.

Como conclusión, podemos decir que la previsión tecnológica se halla en un estado inicial y que sus aportaciones tienden a dar luz sobre el acontecer futuro para que la toma de decisiones sea llevada a cabo con mayor información.

(16) Saint Paul y Ténrière Buchot, op. cit., pág. 254 y ss.

(17) Saint Paul y Ténrière Buchot exponen en la obra mencionada algunas de las aportaciones que citamos.

1.—LA INNOVACION TECNOLOGICA: ASPECTOS GENERALES.

La cada vez mayor competencia existente conduce progresivamente a los empresarios a concebir y poner en marcha nuevas estrategias comerciales. Estas estrategias están basadas en la innovación; productos nuevos, procedimientos o procesos de producción nuevos que reducen los costes, etc.

Ahora bien ¿Qué entendemos por innovación tecnológica y por tecnología?

Por tecnología (1) entendemos la aplicación sistemática del conocimiento científico (u otro conocimiento organizado) a actividades prácticas, y particularmente, a las actividades productivas.

Una vez definido el término «tecnología» creemos conveniente efectuar una serie de precisiones sobre el significado de «invención», «innovación», «transferencia» y «penetración» o «difusión».

Invención se refiere al nacimiento de una idea para fabricación, un proceso nuevo, un método nuevo, un producto nuevo.

Todo cambio tecnológico reposa sobre la invención, pero sólo una pequeña parte de las invenciones tienen realmente una aplicación en tecnología. Cuando tal aplicación se concreta dando como resultado.

- obtención de nuevos productos.
- introducción de nuevos procesos productivos.
- apertura de nuevos mercados, etc., se dice que una innovación ha tenido lugar.

Sin embargo, hay muchas más innovaciones que cambios o modificaciones duraderas. Cuando una innovación tiene éxito

y comienza a competir fuertemente, bien con los productos existentes (caso de un nuevo producto), bien con los procesos de fabricación existentes (caso de un nuevo método de producción), decimos que se ha producido una penetración o difusión.

Por último, el término «transferencia tecnológica» ha sido utilizado de diversas formas o con diferentes acepciones. De todas ellas vamos a seguir la más común, es decir, haciendo relación a las situaciones en las que la tecnología establecida en cierto sector, encuentra una aplicación en otro totalmente diferente.

Para hacer más claras estas definiciones vamos a dar una serie de ejemplos (2).

El primer transistor de germanio fue una invención. El primer uso del transistor en lugar de los diodos de vacío en los ordenadores fue una innovación en la concepción de los ordenadores, como lo es también, p.e. el concepto de memoria virtual. El reemplazamiento de los tubos de vacío en los ordenadores y en otras aplicaciones electrónicas como televisión y radio, podrían describirse como una difusión. La utilización de transistores en aplicaciones en las que los tubos de vacío no habían sido jamás empleados como en los alternadores, donde reemplazaron a los relés o conmutadores, podría ser llamada transferencia.

Una vez definidos los conceptos anteriores, queremos profundizar algo sobre una visión particular de la innovación y después analizaremos las causas que provocan la innovación y los métodos de previsión tecnológica.

Siguiendo a G. Hosmalin (3), podemos decir que la relación entre una técnica y su aplicación a la actividad económica viene

(1) Algunas definiciones de este término se pueden encontrar, entre otras, en las obras de R. V. Ayres «Prevision technologique et planification a long terme»; Ed. Hommes et techniques, París 1972, pág. 57. J. K. Galbraith «El nuevo estado industrial»; Ariel, Barcelona 1967, pág. 28.

(2) R. V. Ayres, op. cit., pág. 78.

(3) G. Hosmalin «Inversiones, rentabilidad y progreso técnico»; Ed. Hispano Europea, Barcelona 1966, pág. 25.

expresada por las funciones de producción (4).

Como es sabido las funciones de producción relacionan la cantidad x de un producto obtenido como consecuencia de una combinación de factores productivos v_1, v_2, \dots, v_n , con las cantidades que se han consumido de los mismos.

La expresión general de la función de producción es: $x = f(v_1, v_2, \dots, v_n)$

De acuerdo con dicha función de producción para obtener x_1 unidades de producto hace falta consumir v_2^1 y v_1^1 unidades de los factores v_2 y v_1 respectivamente.

Si en vez de una sólo función de producción (5), lo que por otra parte nos llevaría a obtener un producto de acuerdo con una técnica, tuviésemos varias funciones de producción, cada una de ellas según una técnica dada, nos encontraríamos que

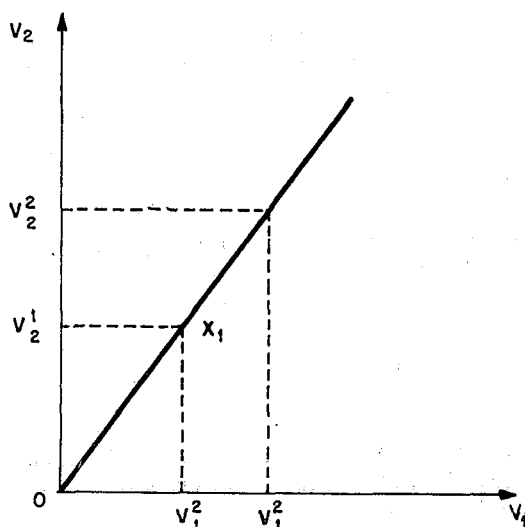


FIGURA 1

Pasando el caso de una función de producción lineal y a la existencia de sólo dos factores de la producción, la misma podría representarse tal como lo hacemos en la figura 1.

para obtener una cantidad k de producto se podría alcanzar siguiendo las siguientes

(4) Ragnar Frisch «Las leyes técnicas y económicas de la producción»; Ed. Sagitario, Barcelona 1963, pág. 47.

(5) J. M. Fernández Pirla «Economía y Gestión de la Empresa»; ICE, 1976, denomina proceso productivo a la «transformación según una técnica dada de factores de producción en producto», es decir, que tal función de producción sería la representación de un proceso productivo.

combinaciones de las funciones de producción y que representamos en la figura 2: (6).

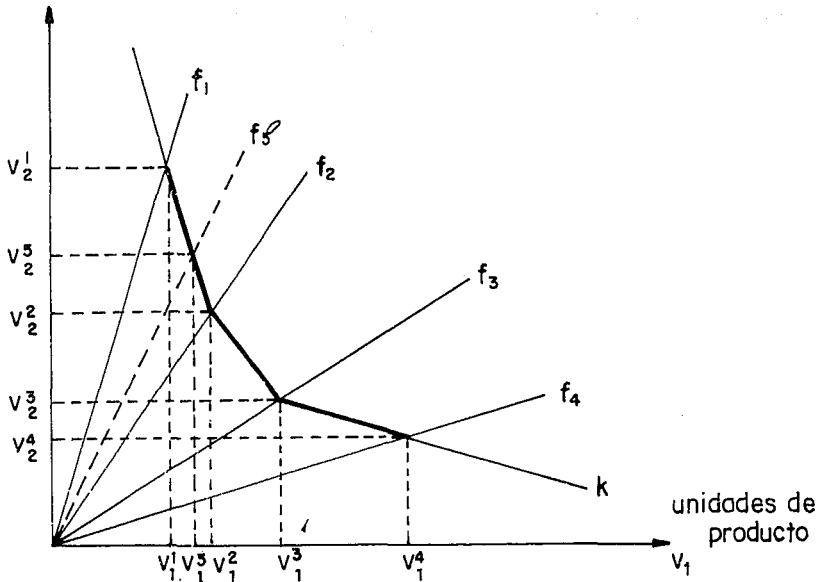


FIGURA 2

La línea que une los puntos x_1, x_2, x_3 , y x_4 , es la línea isocuanta de k unidades de producto.

Si suponemos que aparece un nuevo método de fabricación que dá lugar a una nueva función de producción f_5 , la curva isocuanta, pasaría por el punto (v_1^5, v_2^5) y con tal consumo de factores obtendríamos una cantidad k de producto.

Esta nueva función de producción lleva consigo un consumo de factores cuya comparación con los otros consumos de las

restantes funciones nos conduce a la siguiente expresión:

$$v_1^1 < v_1^5 < v_1^2 < v_1^3 < v_1^4 \quad \text{para } v_1$$

$$v_2^4 < v_2^3 < v_2^2 < v_2^5 < v_2^1 \quad \text{para } v_2$$

Para que esta nueva función de producción sea calificada de innovación tecnológica hace falta que se pueda obtener a través de ella un volumen de producción idéntico al de las demás funciones de producción pero con un consumo de factores menor que el de todas las funciones que nos ocupan.

En nuestro caso es necesario comprobar que la reducción en el consumo de un factor es más importante que el aumento de la utilización del otro.

(6) A la combinación de varios procesos productivos llevados a determinados niveles se le conoce con el nombre de programa de producción (J. M. Fernández Pirla, op. cit.).

La función de producción f_3 , será realmente innovación si se cumplen las siguientes expresiones:

$$v_2^1 - v_2^5 > v_1^5 - v_1^1$$

$$v_2^5 - v_2^2 < v_1^2 - v_1^5$$

$$v_2^5 - v_2^3 < v_1^3 - v_1^5$$

$$v_2^5 - v_2^4 < v_1^4 - v_1^5$$

años treinta. La figura 3 muestra como las inversiones en la mecanización de la explotación agrícola cesó virtualmente. Este fenómeno se produjo igualmente en muchos sectores.

No cabe duda de que existen muchas más interacciones entre problemas económicos y el desarrollo tecnológico. Así, por ejemplo, las políticas económicas que tien-

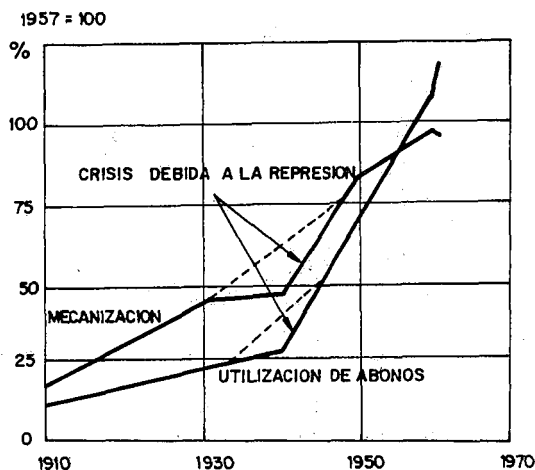


FIGURA 3

Hasta aquí la interpretación, mejor dicho, una de las interpretaciones «económicas» de la innovación tecnológica.

El problema que queremos contemplar a continuación es el de saber si existe algún medio de averiguar el ritmo de aparición de esas innovaciones, su evolución y por último, ver si cabe la posibilidad de construir modelos encaminados a la previsión tecnológica.

¿Cuáles son los factores que pueden influir sobre el ritmo y dirección de la innovación tecnológica?. De entre todos los existentes ya que pueden ser de tipo filosófico, militar, humano, económico, etc., vamos a enumerar aquellos que tienen el carácter de económicos.

Los efectos de los problemas económicos sobre la tecnología son de gran importancia. Un ejemplo evidente es el que se produjo durante la gran depresión de los

den a hacer disminuir la oferta de mano de obra tendrán un impacto sobre el mercado potencial de la automatización. De hecho, se atribuye la rápida mecanización de la agricultura norteamericana a partir del siglo XIX, en parte, a la política laboral de reducción de horas de trabajo en el campo. Otro ejemplo, es la relación de sustitución que se produce al variar uno de los precios de cualquier materia prima.

Esta relación provoca el que se tienda a sustituir ese bien por otro de menor coste, estimulando la investigación para encontrar una alternativa. Como ejemplo tenemos la aparición del caucho sintético durante la Segunda Guerra Mundial; la reciente búsqueda de fuentes de energía distintas de las derivadas del petróleo, consecuencia de la crisis energética de finales de 1973.

Estos y otros casos han dado lugar al axioma que dice que una tecnología dinámica crea nuevas industrias.

Otro aspecto que debemos contemplar es que los factores económicos pueden contribuir sustancialmente a la creación de una nueva tecnología.

J. Schmookler (7), ha reunido una gran cantidad de información tendente a mostrar que la tecnología medida, p.e., en función del número de patentes depositadas y aceptadas en un sector, tiende año a año, a tener altos y bajos, coincidiendo estrechamente con los índices de tasa de actividad económica de ese sector. Esta relación se mantiene a la vez para las tendencias a largo plazo y para las estimaciones a corto plazo.

Las figuras 4, 5 y 6, señalan la estrecha correlación existente en las industrias nor-

teamericanas de ferrocarriles y construcción.

En cuanto al enfoque microeconómico del problema, podemos decir que las empresas y sectores cuyo crecimiento es más notorio tienden a ser las más innovadoras y las más orientadas hacia la investigación.

Así las industrias químicas, electrónicas, de material de oficina, de comunicaciones, etc., han marcado el ritmo a la economía de los países occidentales en los últimos decenios.

El cuadro 1 señala los gastos de investigación y desarrollo y la facultad de innovar de la mayor parte de las industrias norteamericanas.

Hemos visto brevemente las relaciones existentes entre los factores económicos y la innovación tecnológica pero, no hemos

CUADRO 1

INDUSTRIAS	Gastos de investigación y desarrollo		Innovación: % de las ventas globales provenientes de nuevos productos	
	% ventas netas 1959	% del valor ajustado 1958	1961/1965	1966/1969 (previsiones)
Aeroespacial	20,8	30,9	8,5	10,0
Electrónica	12,8	22,4		
Otros aparatos eléctricos	10,1	16,3	5,5	6,0
Instrumentos	8,3	9,9		
Química	4,3	6,9	4,0	4,5
Mecánica	4,2	6,3	5,8	5,8
Automóvil	3,4	10,2	2,5	5,5
Caucho	2,0	2,7	1,5	1,0
Productos metalúrgicos	1,7	1,3	4,5	4,3
Cerámica y vidrio	1,4	1,2	3,3	4,3
Metales no férricos	1,0	2,0	2,3	2,3
Papel y pasta de papel	0,8	0,9	2,5	1,8
Metales férricos	0,6	0,8		
Textiles y vestidos	0,5	0,2	3,3	3,3
Madera e industrias del mueble	0,5	0,2		
Industrias alimenticias	0,3	0,5	3,0	2,8

(7) J. Schmookler, «Invention and Economic Growth», Harvard University Press, Cambridge-Mass 1966.

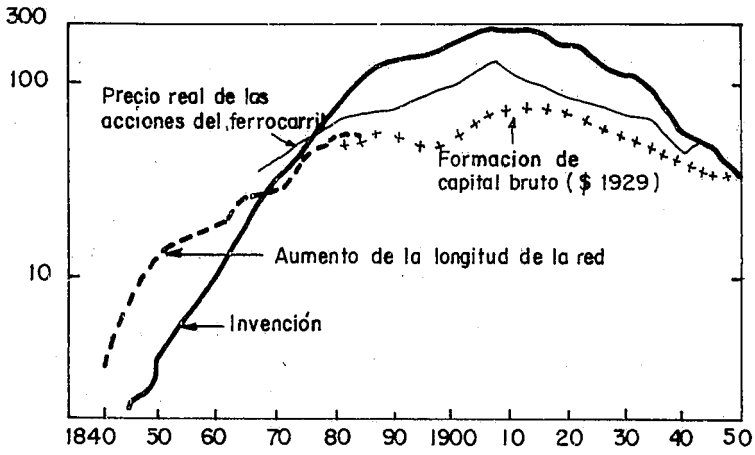


FIGURA 4

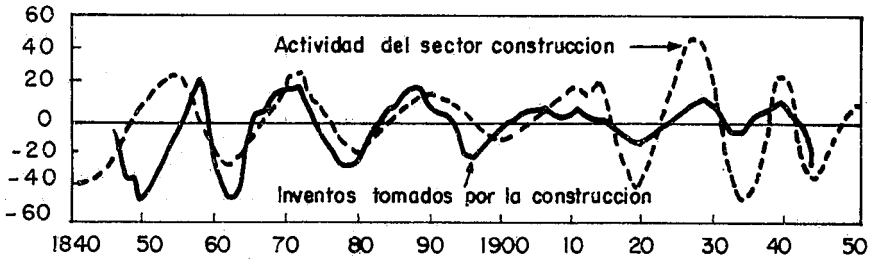


FIGURA 5

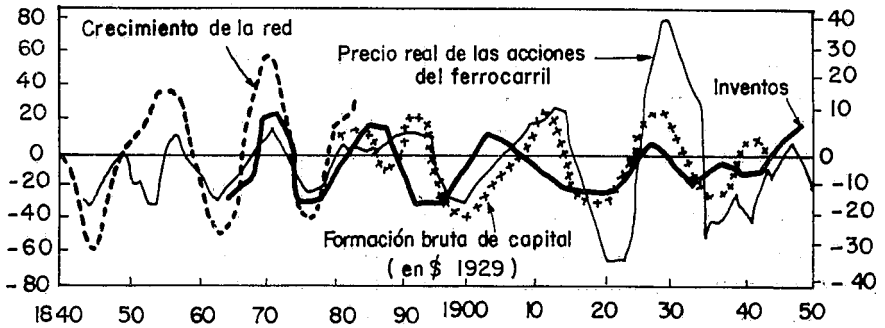


FIGURA 6

hablado todavía sobre el ritmo de aparición de las innovaciones.

A tal efecto Gilfillan (8), ha examinado las separaciones existentes entre el estado conceptual de una invención y la aplicación práctica de un gran número de ellas, o sea, el intervalo de tiempo existente entre ambos sucesos. Por ejemplo, para un grupo de innovaciones introducidas entre 1888 y 1913, el intervalo entre la primera idea y un modelo funcionando o patentado era de una media de 176 años.

El intervalo de tiempo que existe entre el estado citado y la primera aplicación práctica era de amplitud media igual a 34 años; el lanzamiento y penetración en un mercado exigía 14 años más y por último, una utilización importante 13 años. Inventiones acontecidas más tarde y analizadas por Gilfillan, mostraban una reducción neta de todo el proceso, sobre todo en el primer estado de la evolución. Estos últimos años en particular, la progresión es mucho más sistemática y regular. El plazo está más o menos relacionado con las exigencias presentes y el nivel de inversiones.

En un estudio realizado recientemente por F. Lynn para la «National Commission of Technology Automation and Economic Progress» ha examinado 20 invenciones sucedidas a partir de 1880. Lynn define el período de incubación como el período de tiempo transcurrido entre la demostración de la utilidad técnica y el reconocimiento de su potencial comercial; la fase de desarrollo comercial comienza con la decisión de emprender tal desarrollo y termina cuando la innovación se introduce sobre una base comercial. Las innovaciones que habían alcanzado su estado comercial antes de 1919, tenían un período de incubación de 30 años por término medio. Esta media pasó a 16 para el período 1920-1944 y a 9 años después de la Segunda Guerra Mundial. El período de desarrollo total

pasó de 37 a 24 años y finalmente a 14 años para los tres períodos aludidos.

El problema más grave con que nos encontramos es el de poder establecer una previsión tecnológica y poder igualmente, evaluar el coste de los proyectos de investigación a llevar a cabo y así medir su rentabilidad. Vamos a ver de una forma muy breve cuales son los criterios de evaluación y selección de proyectos de investigación para, después, pasar al análisis de algunos modelos de previsión tecnológica.

2.—CRITERIOS DE EVALUACION Y SELECCION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION E INNOVACION TECNOLÓGICA.

Quando intentamos evaluar y posteriormente seleccionar proyectos de investigación o de innovación tecnológica nos enfrentamos ante un gran número de problemas, derivados todos ellos de la dificultad de cuantificación de la información que se pueda poseer.

Es muy difícil determinar el coste del proyecto por un lado ya que la mayor parte de las veces no se puede saber cuando tal proyecto va a culminar en una aplicación que comience a producir resultados, por lo que se ignora tanto el tiempo de duración del mismo como sus ingresos y gastos.

R. Saint Paul y P.F. Ténrière-Buchot (9), al referirse a este problema nos dicen: «Evaluar y seleccionar proyectos de investigación o de innovación futuros es como querer medir lo no mensurable».

Ahora bien, la realidad es que el número de proyectos existentes es, por regla general, muy elevado y, las posibilidades o medios financieros no son ilimitados, lo cual nos lleva a la conclusión de que, de alguna forma hay que proceder para la elección de aquellos proyectos que, de

(8) R. U. Ayres, op. cit., pág. 78.

(9) R. Saint Paul y P. F. Ténrière-Buchot: «Innovation et evaluation technologiques. Selection de projects, methodes de prevision»; EME, París 1974.

acuerdo con el criterio seguido, sean los más ventajosos.

Los métodos de selección responden precisamente a la necesidad de clasificar los proyectos en función de un conjunto de criterios o caracteres explícitos que, en cierto modo, ayuden a racionalizar, a eliminar, el carácter subjetivo de los procesos de selección.

No cabe duda que, no se podrá lograr una certeza absoluta pero sí una mayor aproximación hacia ella.

Para poder aplicar cualquier método de selección hay que proceder previamente a la confección de una lista de proyectos en base a la cual se pueda posteriormente, realizar la selección.

Hay una serie de aspectos o cuestiones a tener en cuenta a la hora de proceder a la realización de tal lista y de las cuales creemos interesante citar las siguientes:

— Los proyectos deben ser homogéneos para poder ser comparables (no sería comparable, p.e. un proyecto para la creación de un nuevo ordenador y la de un nuevo fertilizante).

— Es esencial que los proyectos sean independientes y por lo tanto, si existen relaciones entre ellos, se deben conocer cuales son y de qué tipo.

— Es muy importante fijar el nivel al cual el proyecto resulta elegible (téngase en cuenta que, como consecuencia de las limitaciones financieras, puede suceder que un proyecto no pueda ser realizable en su totalidad pudiendo quedar así invalidada su eficacia).

Estas son, quizás, las cuestiones básicas a contemplar a la hora de realizar una lista de proyectos de investigación o de innovación que van a ser sujetos a selección.

Confeccionada la relación, se deben fijar los criterios que se han de seguir para proceder a la elección, criterios que pueden ser de muy diversos tipos y de los cuales, siguiendo a Saint Paul y Ténière-Buchot (10) vamos a recoger una muestra.

Factores externos a la empresa:

- competencia.
- prestigio
- imitación de otras empresas.
- presión del Estado o consumidores en la demanda de nuevos productos.
- etc.

Factores económicos:

- posibilidad de crecimiento a largo plazo.
- tasa de rentabilidad.
- mejor utilización de recursos (aumento de productividad).
- etc.

Factores propios de la investigación:

- dimensión de la investigación en la empresa: valor absoluto y relativo.
- grado de dificultad en alcanzar los objetivos de la investigación.
- calidad del personal y del equipo de de la investigación.
- etc.

Objetivos propios (económicos) de la empresa.

- mantener o mejorar la tasa de rentabilidad.
- conservar o mantener una parte del mercado.
- diversificar sus actividades a fin de incrementar su estabilidad.
- etc.

Existen otros factores estratégicos, sociales, etc., que junto con los mencionados van a constituir un conjunto de información que será utilizada en los modelos de selección.

Naturalmente, si esta información no se cuantifica, difícilmente podrá ser utilizada en modelos cuantitativos. Es por ello por lo que es básico poseer datos estadísticos que nos permitan evaluar los parámetros que se pueden emplear en los modelos, así como, fijar las variables endógenas de los mismos. Ya hemos señalado la gran dificultad con que nos encontramos cuando se pretende obtener esa información, debido principalmente, a que suelen ser proyectos únicos, sin precedentes, con lo cual no se poseen datos históricos que puedan ser tenidos en cuenta a la hora de construir y

(10) Op. cit., pág. 36.

utilizar un determinado modelo, pese a lo cual, la tendencia es tratar de emplear cada vez más, criterios cuantificables para llevar a cabo tales selecciones.

Como final de este apartado vamos a dar una clasificación de los distintos métodos de selección de proyectos de investigación o de innovación tecnológica. (11)

1.—Métodos empíricos:

1.1 Métodos de ratios: p.e. Índice d'Olsen.

1.2 Métodos de actualización: p.e. Dismon.

1.3 Métodos matriciales.

2.—Métodos multicriterios.

2.1 Método Mottley-Newton.

2.2 Método Marsan-Electre.

3.—Métodos basados en teoría de Grafos.

Por último vamos a tratar de los métodos de previsión tecnológica que en palabras de Saint Paul y Ténrière Buchot (12), forman un embrión de sistema intelectual original en el que los trabajos de análisis de sistemas son los primeros precursores.

3.—METODOS DE PREVISION TECNOLÓGICA.

«Pensar lo impensable», «inventar el futuro», son los grandes mandatos de la previsión tecnológica. Lo imposible es la imaginación, el sueño, la originalidad. Es a la vez el deseo y la esperanza que hacen vivir. Pero ello no es suficiente; es necesario hacerlo mejor, innovar, inventar.

Es esto último, lo que deberá juzgar una previsión. Inventar el futuro no es inventar lo que sea. Es un ejercicio difícil en el que es importante distinguir lo factible de lo irrealizable. «Querer lo posible» es la tercera condición de una previsión tecnológica bien llevada. Medir las restricciones

futuras, las reacciones y las oposiciones que suscitarán los propios pensamientos, lo que se puede decir sabiduría que justifica el ejercicio de la previsión.

Vamos a ver cual es el campo de aplicación de la previsión tecnológica. La necesidad de prever es la característica primordial de una economía de crecimiento y sobre todo de economía de incertidumbre, donde las discontinuidades pueden romper el ritmo de crecimiento. Por comparación, una economía estática no experimentará tal necesidad. Todo estará determinado con certeza.

Los métodos de previsión tecnológica se aplican particularmente en nuestra época, donde la inestabilidad y la inquietud se desarrollan al mismo ritmo que el progreso. Desde este punto de vista, su porvenir parece asegurado, ya sea en los sectores políticos, económicos y sociales, como en los científicos, técnicos e industriales.

Para estos últimos, los trabajos prospectivos interesan directamente a los productos nuevos o mejorados, las nuevas técnicas de producción, las economías de coste y también las deseconomías y en general, a todo aquello relacionado con la invención e innovación.

Los métodos o técnicas que se utilizan, son aplicables a todos aquellos campos en los que se deben tomar decisiones. No indican la lección que cabría esperar (esto se desprende de los métodos de evaluación y selección) pero, sin embargo, señalan las condiciones futuras en las que se inscribirán las consecuencias de la elección.

En el cuadro 2, figuran los distintos métodos de previsión tecnológica que en la actualidad se vienen utilizando. Todos ellos tienen por objeto señalar cual es la tendencia de la innovación tecnológica, a fin de fijar que sucederá en un futuro y así dejar menos al azar o a la intuición nuestras decisiones.

Vamos a exponer algunos de los métodos que figuran en el cuadro antes citado y que juzgamos son los más representativos en cuanto a métodos de previsión tecnológica se refieren.

(11) Saint Paul, Ténrière Buchot, op. cit., pág. 63 y ss.

(12) Op. cit., pág. 202.

CUADRO 2

Métodos de previsión tecnológica

Métodos continuos:

1. Individuales

Extrapolación de la
tendencia

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Análisis de las sumas
precursoras

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Las curvas de
aprendizaje

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Las curvas en los
módulos analógicos,
heurísticos y
fenomenológicos

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Métodos estadísticos:

Análisis de varianza,
la simulación, la
probabilidad a priori

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

2. Colectivos

DELPHI

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Matrices de
interdependencia
(Cros Impact Matrix)

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Métodos discontinuos:

Análisis morfológico

xxxxxx

xxxxxx

xxxxxx

Orientación de la previsión		Aproximación intelectual		Lógica	
Exploración	Normativa	Racional	Intuitiva	Observación	Casualidad
xxxxxx		xxxxxx		xxxxxx	
xxxxxx		xxxxxx			xxxxxx
	xxxxxx	xxxxxx		xxxxxx	
	xxxxxx	xxxxxx			xxxxxx
		xxxxxx	xxxxxx		xxxxxx
	xxxxxx	xxxxxx			xxxxxx
	xxxxxx		xxxxxx		xxxxxx
			xxxxxx		xxxxxx

Extrapolación de la tendencia.— No vamos a analizar aquí lo que significa extrapolación, ya que, es un concepto ya conocido así como también lo es la extrapolación en funciones cíclicas o que tienen dos derivadas con un máximo o un mínimo pero sin punto de inflexión, es decir, la recta, función exponencial, logarítmica, parábola, etc.

Como es sabido, la extrapolación de la tendencia no resolvía el problema del punto de inflexión (si no se había producido en los datos históricos, la inflexión en la función no se podrá saber cuando tendrá lugar en el futuro).

Hacia los años 60 y con el nombre de previsión heurística se desarrollaron un conjunto de técnicas más o menos complejas que servían para completar e intentar resolver algunos de los problemas no resueltos por la extrapolación de la tendencia.

Estos métodos están encaminados hacia la observación de los hechos (de ahí la terminología empleada: modelos empíricos, analógicos, experimentales, fenomenológicos, etc.).

A través de analogías existentes entre fenómenos que pueden ser objeto de estudio por diversas ciencias (el crecimiento biológico es el fenómeno al que más se ha recurrido para el desarrollo de estas técnicas) (13), y concretamente por analogía con el crecimiento biológico, una innovación se puede representar mediante funciones o curvas en S, las cuales tienen una parte de crecimiento o expansión (cóncava con respecto a la parte positiva del eje de ordenadas), después un punto de inflexión y por último una saturación (convexa en relación al mismo eje). Una representación gráfica de este tipo de curvas es la siguiente:

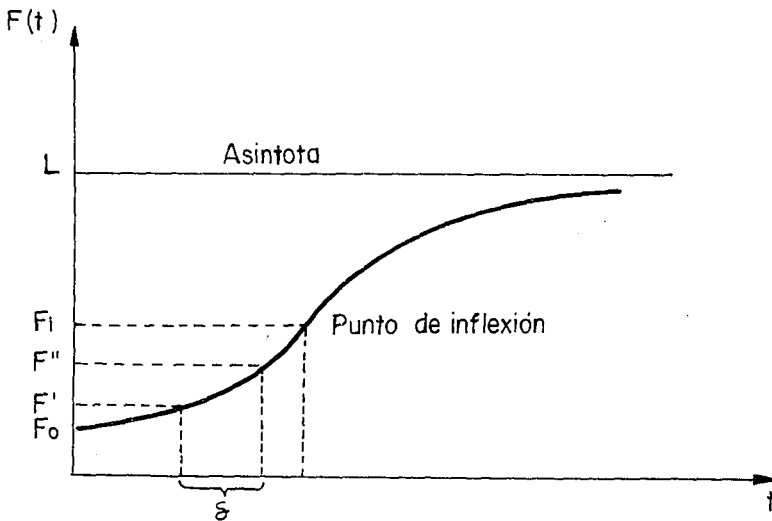


FIGURA 7

(13) Tanto Ayres, eo. cit., pág. 124. como Saint Paul y T. B., op. cit., pág. 227, recogen un cuadro elaborado por R. Lenz en el que aparecen unas analogías entre crecimiento biológico y progreso técnico.

El cuadro 3 recoge algunas de las funciones que presentan este tipo de trazado. (14) en la que, K es un coeficiente de proporcionalidad.

CUADRO 3

	Logística de Pearl	Gompertz	von Bertalanfly
Función F(t)	$\frac{1}{1 + Ae^{-Kt}}$	$e^{-[AK^{-K}t]}$	$[1 - Ae^{-Kt}]^3$
Ordenada en el origen F ₀	$\frac{1}{1 + A}$	e^{-A}	$[1 - A]^3$
dF/dt en función de F(t)	F(1 - F)	-KF log F	$3KF^{2/3}(1 - F)^{1/3}$
Punto de inflexión	1/2	1/e	8/27
Intervalo de tiempo δ para pasar de F' a F''	$\frac{1}{K} \log \frac{F''(1 - F')}{F'(1 - F'')}$	$\frac{1}{K} \log \frac{\log F'}{\log F''}$	$\frac{1}{K} \log \frac{(1 - F'^{1/3})}{(1 - F''^{1/3})}$

Con independencia de estas funciones, existen unos modelos que tienden a explicar el comportamiento de las tendencias en innovación tecnológica. Estos modelos son:

Modelo de Ridenour (1951).— Sirve para relacionar la aceptación de un producto nuevo, de una nueva técnica, etc., con el número de clientes potenciales en una época t.

Sea:

$$\frac{dN}{dt} = KN(t)$$

Ridenour sugiere que K no sea constante y que N (número de clientes) tenga un límite L.

De esta forma establece la siguiente relación:

$$K = p \left(1 - \frac{N(t)}{L} \right)$$

en la que p es una constante. Cuando N se acerca a L, K decrece. Si expresamos en términos de probabilidades el modelo, K significará la probabilidad de que una persona llegue a convertirse en cliente potencial. De esta forma, la probabilidad decrecerá conforme N tiende hacia L.

Si sustituimos K en la expresión $\frac{dN}{dt}$ e integramos dicha ecuación diferencial veremos como nos encontramos ante la ley logística de Pearl.

(14) Ayres, op. cit., pág. 125 y Saint Paul y Ténière Buchot, op. cit., pág. 235.

Así:

$$\frac{dN}{dt} = p \left(1 - \frac{N(t)}{L} \right) N(t)$$

e integrando:

$$N(t) = \frac{L}{1 + \left(\frac{L}{N_0} - 1 \right) e^{-pt}}$$

Modelo de Laeton Hartman.— Pretende explicar el desarrollo de los nuevos conocimientos científicos.

Si I es el estado de la información para el momento t y, N el número de científicos existentes en el sector a considerar, tendremos:

$$\frac{dI(t)}{dt} = KN(t)I(t)$$

siendo K, la esperanza matemática de que un científico descubra una unidad de información nueva (la unidad de información nueva es el número medio de artículos publicados por un científico en un año).

En un campo nuevo como por ejemplo en el de los ordenadores, N puede ser exponencial. Así:

$$N(t) = N_0 e^{k_1 t}$$

k₁ es una constante y N₀ el número de científicos originalmente existentes.

La integración de dI/dt después de sustituir N(t) por la expresión que figura más arriba nos conduce a:

$$I = I_0 \left[\exp \cdot \left(\frac{KN_0}{k_1} \exp \cdot k_1 t \right) - 1 \right]$$

Después de estos métodos vamos a exponer de una manera muy resumida el método DELPHI.

Metodo DELPHI.— El método DELPHI (traducción inglesa del oráculo de Delfos) es, quizás, uno de los más utilizados en previsión tecnológica.

Tal método consta de tres etapas: la constitución de un grupo de expertos, la elaboración de cuestionarios, el desarrollo de la consulta y la posterior tabulación y análisis de los resultados. Vamos a describir a continuación el contenido de las tres etapas.

Constitución de un grupo de expertos.— Según Saint Paul y Ténière Buchot (15), el término experto es ambiguo por lo que ellos lo toman en sentido amplio, o sea, personas que por sus conocimientos, competencia, sentido, etc., son elegidos por quienes van a realizar la encuesta DELPHI como elementos constitutivos de la muestra objeto de análisis.

La forma en como se eligen los expertos y los requisitos que éstos deben reunir no va a ser descrita en este trabajo. Únicamente diremos que en el método DELPHI se tiene buen cuidado de aislar a los expertos a fin de garantizar su independencia. Todo ello es para conseguir que las variables sean independientes, lo cual permite obtener medias no sesgadas.

Elaboración de cuestionarios.— Las preguntas que figuran en los cuestionarios deben ser precisas, cuantificables e independientes.

Generalmente interviene en todas ellas el parámetro tiempo. Los cuestionarios suelen ser de dos tipos: sectoriales y generalizados.

Desarrollo práctico y explotación de un DELPHI.— El método DELPHI propiamente dicho consta de 5 fases: cuatro son de encuesta y una de tabulación y análisis. En cada una de las cuatro primeras fases se envía un cuestionario que tiene unas características diferentes. En las fases 2,3 y 4 se tabulan los cuestionarios enviados y recibidos procedentes de las fases 1, 2 y 3.

(15) Op. cit., pág. 254.

Por último en la 5.^a etapa se tabulan los resultados finales y se efectúa un análisis de los mismos. El por qué de los cuatro cuestionarios se halla en que lo que se trata es de lograr una distribución lo menos dispersa posible consiguiendo que los extremos vayan, a lo largo de las encuestas, confrontando sus contestaciones con los de la mayoría que quedan expresadas por medio de la mediana y el espacio intercuartílico (situado entre el primer y último cuartil), es decir, lo que un 50% de los consultados opinan.

Como no queremos extendernos en este método, ya que no se trata aquí de realizar un estudio exhaustivo de todos y cada uno de los métodos existentes, sino de dar una visión de algunos de ellos, para cualquier ampliación de lo aquí expuesto remitimos al lector a la obra que para la exposición del mismo venimos siguiendo (16).

Con el método DELPHI terminamos la muestra de métodos de previsión tecnológica que nos debía servir para dar una visión de cuales son los diversos tipos existentes.

Para terminar y a la vista de lo que antecede cabe hacerse una pregunta ¿Cual es la verdadera aportación de los métodos de previsión tecnológica? A la misma podemos contestar diciendo que las aportaciones más importantes son las siguientes (17):

— Obligación de examinar y de sopesar sistemáticamente todos los aspectos de un proyecto, de un problema y situarlos en una perspectiva más amplia en cuanto a la competencia, desarrollo, estrategia de la empresa, etc.

— Obligación de explicitar los objetivos correspondientes a todos los niveles de

decisión y de obtener una aprobación o consumo a los mismos.

— Efecto de coherencia, también desde el punto de vista de las necesidades de financiación de las inversiones inducidas por la innovación tecnológica.

— Efecto de coherencia en el funcionamiento, es decir, en la relación recíproca de la investigación hacia el mercado y del mercado hacia la investigación.

— Puesta en evidencia de las lagunas de información disponible; sobre todo el distinguir la información básica de la secundaria.

— Posibilidad de integrar en el análisis a las variables cualitativas, cuando las mismas pueden llegar a ser las más importantes que las cuantificables.

— Posibilidad de apreciar la sensibilidad de las decisiones tendentes a modificar un criterio y su peso relativo, de modo que se puede adaptar mejor el programa de innovación-investigación a la estrategia global de la empresa.

— Ayudar a desarrollar la innovación, creando un espíritu de participación, favoreciendo la aparición de proyectos nuevos, etcétera.

— Aumentar el poder de negociación; simplemente, conociendo mejor las condiciones e implicaciones de cada proyecto y sus conexiones con la estrategia general. Igualmente, en el momento de colaboración con el anterior, permitiendo articular un dossier exhaustivo y coherente.

Como conclusión, podemos decir que la previsión tecnológica se halla en un estado inicial y que sus aportaciones tienden a dar luz sobre el acontecer futuro para que la toma de decisiones sea llevada a cabo con mayor información.

(16) Saint Paul y Ténrière Buchot, op. cit., pág. 254 y ss.

(17) Saint Paul y Ténrière Buchot exponen en la obra mencionada algunas de las aportaciones que citamos.