

LA EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROGRESOS TECNICOS Y SU UTILIZACION PARA LA ELECCION DE UN PROGRAMA DE INVESTIGACION CIENTIFICA

JEAN-MARIE MARTIN *

SUMARIO: 1, Necesidad de la investigación científica y de su planificación. A, La investigación científica y el desarrollo económico. a) La situación de los países en vías de industrialización. b) El papel de la investigación científica y técnica. B, La planificación de la investigación científica y técnica. 2, Ensayo de definición de una metodología de la planificación. A, Los objetivos de la economía nacional (enfoque A). B, El costo y el beneficio de los proyectos de investigación (enfoque B). a) El costo de la investigación. b) El beneficio de la investigación. C, Intento de determinación de un criterio.

Al descubrir el papel que puede jugar la investigación científica y técnica en su desarrollo económico, numerosos países reconocen que no pueden multiplicar su esfuerzo en todas direcciones y que deben elegir. Más aún, la eficacia misma de su investigación a largo plazo está en gran parte condicionada por la eficacia inmediata de la planificación de su esfuerzo científico. Se puede en efecto pensar que la actividad científica se desarrollará tanto más rápidamente cuanto más eficientemente contribuya a la reestructuración del conjunto económico en el cual se inserta: la investigación científica no es nunca aislada, ella se apoya en la enseñanza, la industria, los servicios, las administraciones y las finanzas públicas. La apertura más o menos rápida de su economía al progreso depende de la capacidad que tiene un país de concentrar su esfuerzo de investigación científica en los productos y las técnicas clave de la industrialización, en una época dada. En tal perspectiva, la planificación de la investigación científico-técnica no debiera ser concebida como la simple

* Doctor en Ciencias Económicas; Director de Estudios en el Instituto Económico y Jurídico de la Energía, Universidad de Grenoble; Encargado de Investigación en el Centro Nacional de la Investigación Científica, París; Actualmente adscrito a la Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires. (La Dirección).

organización y coordinación de programas de investigación sin referencia a las necesidades de la economía nacional, sino que sólo puede ser comprendida como una parte del plan de desarrollo económico y social¹. Una vez admitido el principio de esta inserción, falta precisar sus modalidades y es evidentemente allí que surgen las dificultades. A las dificultades de la planificación general, (definición de una función objetivo que expresa las estructuras económicas deseadas, evaluación de la eficacia colectiva de las inversiones, etc. . .) se agregan, en el caso de la investigación científica, el carácter muy aleatorio de los resultados perseguidos, la indeterminación del costo económico del esfuerzo aceptado y, en el plano metodológico, la ausencia de métodos probados con un número suficientemente grande de experiencias. Tales obstáculos no deben sin embargo detenernos.

La evolución de las técnicas y de los sistemas económicos plantea un problema al que el economista está forzado a responder aunque más no sea muy imperfectamente.

“En un tiempo dado, nosotros no podremos hacer progresar igualmente todas las disciplinas; será necesario elegir. Antes bien, la metodología de la elección no es aún conocida y constituye un excelente tema interdisciplinario”².

I. NECESIDAD DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE SU PLANIFICACION.

Después de haber analizado la significación de la investigación científica en relación con el desarrollo económico, nos interrogamos acerca de lo que debiera ser su planificación.

A. *La investigación científica y el desarrollo económico.*

La evolución de las economías industrializadas y más particularmente de los Estados Unidos en el curso de los veinte últimos años ha tendido a imponer el progreso científico y técnico como uno de los factores esen-

¹ Cf. PERROUX, F., *L'intégration du plan scientifique et du plan de développement économique et social*, dic. 1965, Documento provisorio.

² ARMAND, L., *Science, technique et développement*, Coopération technique, nº especial, 1965, p. 89.

ciales del crecimiento económico³. Probablemente ha sido así desde la primera revolución industrial, pero, la aceleración del ritmo de estos progresos y de su difusión, su incidencia en la transformación de las estructuras industriales (envejecimiento precoz de ciertas industrias, aparición de otras enteramente nuevas), de las estructuras sociales y de los comportamientos, obligan a abandonar los modelos teóricos que hacen del progreso técnico un elemento neutro y oxígeno. En la realidad, la estructura del capital se modifica constantemente bajo la influencia conjunta de las industrias enteramente nuevas y de los efectos de estas últimas sobre las otras industrias (antiguas o modernas)⁴. El crecimiento del conjunto económico se encuentra influenciado de esta manera por ventajas en productividad ligadas directa e indirectamente a las innovaciones constituídas por las utilizaciones en la industria de los frutos de la investigación científica y técnica. ¿Se puede medir esta acción y deducir de ella una evaluación global de la eficacia de la investigación? Probablemente no en el estado actual de nuestros medios de investigación, puesto que ya hemos indicado que el progreso técnico no actúa sino rara vez solo y sigue muy a menudo el canal de una inversión, acompañándose de una modificación del nivel de calificación de la mano de obra. Se puede sin embargo ilustrar la influencia de la investigación sobre el crecimiento por medio de algunas evaluaciones parciales y distinguiendo dos etapas: crecimiento —progresos técnicos, progresos técnicos— investigación científica.

En lo que concierne a la primera relación, un estudio reciente indica que más del 50% de la tasa de crecimiento de la economía francesa en el período de post-guerra debe ser atribuido al progreso técnico⁵, mientras que otros estiman “que ubicándose en el cuadro de pensamiento

³ Es, de hecho, inseparable de muchos otros factores (la acumulación del capital, la calificación de la mano de obra, el nivel de educación general...) y es el problema de su ponderación lo que es discutido más frecuentemente. Cf. VAIZEY, John, *Vers une nouvelle économie politique*, en OCDE. Le facteur résiduel et le progrès économique. Paris 1964, 311 ps., p. 224.

⁴ Cf. todo el análisis del Profesor FERROUX, F., en *Les techniques quantitatives de la planification*. PUF, Paris, 1965, 315 ps., y también SVENNILSON, Ingvar, *Croissance économique et progrès technique*, en OCDE, *Le facteur résiduel...*, op. cit., p. 115-116.

⁵ DGRST, *Informe del Comité d'études préliminaires à l'action concertée "socio-économie du développement"*, doc. mimeogr., 1965, p. 11.

tradicional, se debería imputar al progreso técnico una participación del orden del 80% en el crecimiento económico⁶ y que, en los Estados Unidos, un estudio llega a la cifra del 69% (los 31% restantes se distribuyen por mitades entre el capital y el número de horas de trabajo)⁷.

La segunda relación, progreso técnico - investigación científica ha sido también objeto de tentativas de medición; los resultados son demasiado contingentes para que se los pueda utilizar, pero indican todos una relación altamente positiva⁸.

Recordemos finalmente que el crecimiento extremadamente rápido, desde una década atrás, de los fondos consagrados a la investigación científica y técnica, a nivel de las empresas, de los sectores y de las naciones, en los países industrializados, parece probar la eficacia de esta dedicación incluso en ausencia de una medida precisa⁹.

¿Se plantea el problema en términos idénticos o parecidos en los países que no han alcanzado aún un nivel de industrialización muy alto? La investigación científica, ¿puede pretender una gran eficacia en conjuntos económicos que la industria comienza a penas a reestructurar, conjuntos que ven trabado su desarrollo por graves obstáculos sociales e institucionales y que soportan más que otros la dominación económica de los Estados Unidos?

Se conocen los argumentos de quienes hasta hoy han respondido por la negativa:

- 1º) Los países no industrializados o insuficientemente industrializados no tienen más que tomar prestados conocimientos del stock acumulado por los países industrializados;
- 2º) (Variante de matiz) si ellos tienen problemas específicos que resolver, deben adaptar a las condiciones de sus países los resul-

⁶ SAINT PAUL, R., *La recherche développement facteur d'accroissement de productivité et de développement économique*, AFAP, Cahier n° 1, 1964, p. 8-9.

⁷ Chase Manhattan Bank Economic Survey, jul.-agos. 1963.

⁸ Cf. a título de ejemplo los trabajos de MINASIAN en la industria química de los Estados Unidos. *The economics of research and development*, NBER, 1962. Citado por GODIN, L., *L'entreprise devant la recherche et le développement*, AFAP, 1964, p. 70-72.

⁹ Cf. ISEA, *La recherche industrielle et l'armement*, dic. 1964, mim. UNESCO, *Etude bibliographique comparative sur les dépenses consacrées a la recherche scientifique et technique*, 1963.

tados de la investigación fundamental llevada a cabo en los países industrializados.

Sin duda, no todo es falso en este tipo de respuesta y no se piensa en rechazar la enorme adquisición científica y técnica de los países industrializados. Aún más, conviene no erigir en sistema esta distribución de las competencias y no instaurar en el plano científico, una nueva división internacional del trabajo que sólo haría perpetuar la dominación de algunos y acentuar las desigualdades internacionales¹⁰.

Los países en vías de industrialización, al contrario, aspiran a desarrollar su propia investigación científica y es comprensible el carácter imperativo de esa aspiración. Un texto reciente de la CEPAL es significativo a este respecto¹¹.

Menciona, entre los factores a reunir:

“(de) una absorción tecnológica fundada en la ciencia, y (de) la capacidad para adaptarla a las condiciones específicas del medio, de manera que aporte nuevos estímulos de crecimiento, y por último (de) una organización económica que responda a esas aspiraciones de la sociedad, y a los requerimientos para la aplicación eficaz del progreso técnico”.

Más abajo: “En lo esencial, el proceso de asimilación técnica ha sido pasivo, concentrándose principalmente en la capacitación para operar nuevos equipos productivos, pero insuficiente para dominarlo hasta el punto de apoyar una labor creativa susceptible de traducirse cuando menos en la adaptación eficaz de los progresos técnicos universales a las condiciones particulares del medio latinoamericano... Como es obvio, no se trata de subestimar el recurso formidable que significan para las economías en desarrollo los avances técnicos logrados merced al esfuerzo de los países adelantados, sino de la capacidad para comprenderlos y ponerlos al servicio de situaciones que tienen características propias, incluida una disponibilidad de recursos no siempre coincidente y cuya

¹⁰ Un riesgo tal no sólo amenaza a los países en vías de industrialización. Frente al formidable potencial de los Estados Unidos, es vivamente experimentado por todos los países europeos y ha sido expresado sin equívocos por el ministro belga que representaba a su país en la última conferencia de la OCDE sobre la investigación científica, (enero 1966).

¹¹ Cf. Naciones Unidas, CEPAL, *El proceso de industrialización en América Latina*. E/CN 12/716/Add 1 - 10 abril 1965. t. 2, ps. 119 y 120.

“valorización económica merced a la ciencia y la tecnología es otro requisito esencial del desarrollo a largo plazo”.

La CEPAL insiste sobre la necesaria adaptación de la ciencia y de la tecnología a las condiciones propias de la América Latina. Pero ella descuida la necesaria autonomía, aunque más no sea sectorial, de la investigación científica. Se puede, en efecto, mostrar que esta última se justifica económicamente por razones que atañen:

a la situación de los países en vías de industrialización.

a las condiciones mismas de la investigación científica.

a) *La situación de los países en vías de industrialización.*

Si se analiza, con el Profesor F. PERROUX, la industrialización como un proceso de reestructuración de toda la sociedad bajo la influencia de un complejo coordinado de máquinas, se puede articular toda política de desarrollo alrededor de la creación de industrias industrializantes¹², y de la organización de la propagación de sus efectos. Más precisamente la elección de las industrias y de las acciones públicas emprendidas paralelamente (reforma agraria, remodelación de la infraestructura, elevamiento de los niveles sanitario y escolar . . .) apuntan a la producción de bienes portadores de progreso (elevación de las productividades y de las propensiones a innovar) y a la difusión de estas últimas al menor costo, a la rapidez mayor y en el medio más amplio. Sin entrar en el detalle de la ejecución de un proyecto de ese tipo, se pueden sacar algunas consecuencias en materia de elecciones tecnológicas: simplificaciones de las técnicas (*raccourcis techniques*), adaptación a las constelaciones de recursos naturales y humanos.

“La investigación de las simplificaciones de las técnicas dominará los trabajos sobre el desarrollo”¹³. La separación creciente entre países industrializados y no industrializados o en vías de industrialización sólo dismi-

¹² Según la definición (provisoria) que da G. DESTANNE DE BERNIS: “Las industrias industrializantes son las que inducen en su medio substituciones por técnicas a base de máquinas a las técnicas pre-industriales y, de ahí, contribuyen a la reestructuración del conjunto en el que se insertan”. Concretamente, se trata pues de las industrias que fabrican máquinas, productos semi-elaborados y energía.

¹³ ARMAND, L., *Ciencia, técnica y desarrollo* . . . op. cit., p. 90.

nuirá con la adopción por estos últimos de procesos tecnológicos cortos y en consecuencia más eficaces que los heredados, directa o indirectamente, de la primera revolución industrial. Tal orientación se revela tanto más indispensable cuanto que es susceptible de afectar las industrias más industrializantes (siderurgia, metalurgia, química de base) y cuanto que ella reúne las constelaciones de recursos naturales de la mayor parte de los países de Africa, Asia y de América Latina. Basta con dar algunos ejemplos: reducción directa de los metales ferrosos por los hidrocarburos (o por lo menos disminución de las necesidades de coque de 500 a 100 kg. por tonelada de acero, electro-siderurgia de gran tamaño que origina economías de escala, utilización sistemática de todas las posibilidades ofrecidas por la petroquímica y la gasoquímica (sustitución de los materiales tradicionales por productos sintéticos)... etc.

Las constelaciones de recursos naturales y humanos no son idénticas en los países industrializados y en los otros y esto bajo el doble aspecto de los recursos y de las necesidades. También aquí, algunos ejemplos bastan para subrayar la importancia del problema ¹⁴.

A pesar del desarrollo rápido de la petroquímica, la tecnología europea —incluida la de los USA y de la URSS— permanece fuertemente dependiente del complejo hierro-carbón sobre el que se ha construido la industrialización de estos países. Si el mineral de hierro sólo muy raramente escasea, en la mayor parte de los países insuficientemente industrializados, los recursos de carbón son limitados (10% de las reservas mundiales aproximadamente) y a menudo de mala calidad. Estos últimos países disponen por el contrario de la mayor parte de las reservas conocidas en hidrocarburos y de hidroelectricidad y presienten todo el beneficio que ellos extraerían de una reorientación de las tecnologías en función de estas formas de energía. Este ejemplo es el más conocido, pero no es el único: un inventario sistemático de los recursos naturales permitiría fácilmente multiplicarlo en los dominios de la metalurgia, de la transformación de los minerales no metálicos, de la utilización de la energía solar y de los esquistos bituminosos, de la agricultura, etc....

Desde el punto de vista de las necesidades, las particularidades de los países en vías de industrialización no son menos evidentes. En el caso

¹⁴ Cf. DESTANNE DE BERNIS, G., y MARTIN, J. M., *Recherche scientifique et planification économique dans les pays sous-développés*. Rapport au symposium de la FMTS, sept., 1965.

de los países africanos, por ejemplo (¿pero no es tan válido para ciertas regiones de América Latina?), numerosos observadores han subrayado el interés de una reproducción en pequeña escala (miniaturización) de las técnicas que, sin disminución paralela en los rendimientos, permitiría la introducción de procesos industriales en zonas poco pobladas y de bajo consumo per cápita. Innovaciones de este tipo no presentan ninguna imposibilidad y hoy existe una tendencia exagerada a hacer del gigantismo una dato técnico cuando en la mayoría de los casos éste sólo es un dato económico (entendemos económico por referencia a los países industrializados de Europa o de América del Norte). “Es así que se descubren técnicas como la laminadora planetaria en siderurgia o ciertos procedimientos de fabricación de tubos que combinan el modernismo con la modestia de las series de fabricación”¹⁵.

En todos estos casos, sólo un esfuerzo considerable de investigación puede traer una respuesta. Luego, este esfuerzo no puede venir sino de los países en vías de industrialización mismos, ya que, aunque monopolizando la casi-totalidad del potencial mundial de investigación¹⁶, los países industrializados no están dispuestos a orientarse en esta dirección. Esto obedece a una razón esencial: la mayor parte de las investigaciones que se revelan vitales para los países en vías de industrialización no les interesan o inclusive les parecen peligrosas. La falta de interés se explica evidentemente por las diferencias de constelación que ya hemos subrayado: ¿por qué consagrar una parte de su potencial de investigación a trabajos sobre la energía solar o sobre la reproducción en pequeña escala de las técnicas cuando falta la primera y se ha alcanzado un estadio de desarrollo en que todo empuja hacia el gigantismo? Pero la desconfianza, a veces incluso la hostilidad, hacia toda innovación interesante para los países en vías de industrialización, proceden de un razonamiento igualmente comprensible. Piénsese en los mercados perdidos o en los riesgos de obsolescencia de toda una parte de la industria europea o norteamericana, si la reducción directa del acervo provocara una reducción sensible de los costos de producción o si la producción de aceros especiales podría recurrir a un nuevo metal diferente del que detenta la firma tal, que

¹⁵ BAREL, Y., *L'industrialisation et l'Afrique de l'Ouest*, Institut Economique et Juridique de l'Energie de Grenoble, 1965.

¹⁶ Se estima que actualmente el 95 % de las investigaciones científicas son hechas por 25 países entre los cuales los Estados Unidos y la URSS tienen un lugar preponderante.

controla los mercados existentes. La probabilidad para que los países industrializados respondan a algunas de las preguntas que se plantean los responsables científicos y económicos de los países en vías de industrialización parece en consecuencia débil, pero aún cuando fuera distinto, nosotros pensamos que, a pesar de su costo elevado en hombres y en capitales, la investigación científica es indispensable en un país que desea construir su propia industrialización.

b) *El papel de la investigación científica y técnica.*

Reagrupemos bajo el concepto de la investigación científica y técnica (I.C.T.), todas las actividades de investigación (fundamental, aplicada, de desarrollo), que tienen por finalidad:¹⁷

un progreso en el conocimiento, en vista de una aplicación determinada o en forma totalmente desinteresada;

la aplicación de un conocimiento existente a la creación de un producto nuevo o de un procedimiento nuevo;

la aplicación de un conocimiento al mejoramiento de un producto o de un procedimiento existente.

Este subconjunto estructurado, cualquiera que sea su importancia cuantitativa, mantiene o está llamado a mantener estrechos vínculos con otros subconjuntos, la enseñanza y la industria, cuyo papel en el proceso de industrialización no es necesario recordar.

La I.C.T., siempre que las barreras institucionales no sean demasiado rígidas, renueva la enseñanza en sus métodos y sus programas. La I.C.T. es capaz de desligar la enseñanza progresivamente de sus modelos extranjeros¹⁸ adaptándola a las realidades nacionales (lo que no afecta su vocación universalista) y, de ahí, su capacidad de preparar a los futuros ciudadanos para recibir favorablemente los progresos, elevando su calificación como productores.

¹⁷ Cf. RUSSO - ERBES, *La recherche développement*, Cahier ISEA, serie T n° 1, 1959, p. 7-8.

¹⁸ Se conocen los reproches dirigidos a muchos sistemas de enseñanza en América Latina o en otras partes de encerrar a los estudiantes en un sistema abstracto, calcado del de los Estados Unidos o de Europa y sin vinculación con los problemas de sus países.

Paralelamente, ella retiene en el territorio nacional los mejores elementos de esta enseñanza, demasiado tentados hasta entonces de ir a ejercer sus aptitudes en los países dotados de un fuerte potencial de investigación¹⁹. Un efecto positivo de ese tipo se mide difícilmente pero se puede aprehender más fácilmente su importancia cuando se intenta por el contrario evaluar el costo de la emigración de los científicos y de la inadaptación de la enseñanza . . .

De otro lado, la I.C.T. nutre al conjunto de la industria procurándole toda suerte de innovaciones: nuevas líneas de fabricación, nuevos procedimientos tecnológicos, sustitución de materias primas, mejoramiento de los procesos existentes, de la calidad de los productos, etc. . . No volveremos sobre este punto, ya citado, y nos limitaremos a señalar una objeción: no es suficiente con que la I.C.T. invente para que el crecimiento de la industria sea influido por ella; es necesario aún:

- 1º) que la invención se transforme en innovación, es decir, que la industria acepte incorporar la invención a su proceso de producción,
- 2º) que la innovación se propague (horizontalmente) y que sus frutos se difundan (verticalmente).

Estas dos condiciones no se realizan jamás automáticamente y son particularmente difíciles de llenar en economías insuficientemente integradas, parcialmente articuladas y extrovertidas. El obstáculo es en consecuencia de naturaleza general y desborda ampliamente el problema de la I.C.T. Dicho obstáculo no debiera ser utilizado como una justificación para rechazar el desarrollo de la I.C.T. En el peor de los casos puede frenarla, haciendo aparecer como socialmente más eficaces ciertas inversiones en otros dominios (industrias de base, infraestructura, escolarización, salubridad . . .). En una perspectiva a más largo plazo, no se olvidará sin embargo que el dominio de las innovaciones en ciertas ramas (siderurgia, metalurgia, química . . .) condiciona las posibilidades de una verdadera industrialización que implica una articulación progresiva de los diversos sectores y una independencia acrecentada respecto de los centros de decisión extranjeros. Por todas estas razones, "un grado de aspiración "a la autonomía científica y técnica es una condición —necesaria pero no

¹⁹ Cf. la emigración de los científicos de todos los países de América Latina particularmente en Argentina, Chile, Perú.

“suficiente— del mantenimiento de la competencia económica entre conjuntos humanos y el mantenimiento del progreso mismo de la ciencia “y de la técnica”²⁰.

El análisis de los diferentes motivos en favor del desarrollo de una I.C.T. autónoma no nos hace evidentemente olvidar que la investigación es una inversión costosa, productiva a un plazo relativamente largo y, como tal, pesada para un país cuyo basamento industrial es limitado. Conviene en consecuencia precisar desde este momento, que, menos que en otro lado, la I.C.T. no debiera desarrollarse de manera anárquica y que su planificación es una de las condiciones de su “competitividad”, con las otras inversiones, en términos de eficacia colectiva²¹.

B, *La planificación de la investigación científica y técnica.*

La rapidez y la extensión de los progresos técnicos en el curso de los veinte últimos años han conmovido los sistemas económicos de Europa y América del Norte y las principales manifestaciones de esta alteración han sido analizadas: osmosis de lo “privado” y de lo “público”, substitución de un beneficio del capital por un beneficio funcional, propagación de la innovación fuera de la lógica del mercado²². ¿Es posible sin embargo hablar de una planificación de la I.C.T.? Sin duda, se asiste desde hace algunos años a un esfuerzo de racionalización de las decisiones de investigación a nivel de la gran firma y de las administraciones, a tentativas de coordinación por los centros de decisión privados y públicos que miden las consecuencias de una libertad demasiado grande en este dominio. Se puede hablar en consecuencia de planificación (por lo menos en ciertos sectores y en ciertos países) si se limita la significación del concepto a la organización lo más eficaz posible de ciertos medios disponibles con el objeto de alcanzar ciertos fines propuestos sin referencia explícita a las necesidades reales de la colectividad nacional. En otros términos, la

²⁰ PERROX, F., *L'intégration du plan scientifique...*, op. cit., p. 11.

²¹ Este punto será discutido más abajo ya que 1º) ciertas investigaciones no podrán jamás ser “competitivas” y deben sin embargo hacerse; 2º) la eficacia de la investigación se mide muy mal actualmente; luego, la comparación con otras inversiones no puede pretender ser rigurosa.

²² Cf. PERROUX, F., *Le désarmement et la déstabilisation de l'économie de marché par les industries atomique et spatiale*, Tiers Monde n° 24, oct.-dic., 1965, p. 865.

I.C.T. está sometida (en la mejor de las hipótesis) a una planificación interna en respuesta a ciertas macro-decisiones de orden militar, política o de prestigio (investigación nuclear, espacial, aeronáutica, etc...).

Los límites de un sistema tal son evidentes: por eficaz que sea, la planificación de la I.C.T. puede ser de una perfecta irracionalidad si a nadie se le ocurre interrogarse:

- 1º) Acerca de la utilidad de los objetivos perseguidos;
- 2º) Acerca de la eficacia comparativa del mayor número posible de programas de investigación ²³.

Tratándose de un país que quiere construir su industrialización, la planificación debe revestir una significación muy distinta: nos limitaremos a definirla más abajo. Aquí indicaremos simplemente algunos motivos que apoyan la conveniencia de una planificación de la I.C.T.

En ningún país, la I.C.T. (salvo tal vez en su último estadio: el desarrollo de la investigación aplicada) ha sido jamás totalmente "espontánea", es decir, emprendida o financiada por empresarios privados en respuesta a un beneficio anticipado. La investigación, ya lo hemos dicho, es a la vez muy aleatoria y a largo plazo: son raras las situaciones en que oportunidades de realizar inversiones más beneficiosas no compitan con los proyectos de investigación. Se puede pensar que lo que es cierto en un país industrializado lo es con mayor razón en un país en vías de industrialización: ni la investigación fundamental, ni siquiera la investigación aplicada y de desarrollo nacerán de iniciativas privadas. La I.C.T. proviene en consecuencia de los poderes públicos que, separados por regla general al menos, de toda preocupación mercantil, sólo pueden fundar racionalmente su política de investigación en la búsqueda del interés colectivo, es decir el desarrollo económico ²⁴.

Además, los científicos de valor y los capitales son factores particularmente escasos, que la racionalidad económica exige utilizar, en consecuencia, con la mayor eficacia posible, en el cuadro de programas elegidos en función de su impacto sobre el desarrollo de la economía nacional.

²³ Es una justificación fácil proclamar que nada es más eficaz que la RST con fines militares para hacer progresar las técnicas pacíficas!

²⁴ Excluimos —¿es realista?— que ellos sucumben como otros ante el espejismo de la investigación con fines militares o de prestigio.

Tales son los principales móviles que conducen a interrogarse sobre la posibilidad de planificar la I.C.T.

2. ENSAYO DE DEFINICION DE UNA METODOLOGIA DE LA PLANIFICACION.

De manera sumaria (y provisoria) digamos que la planificación de la I.C.T. consiste en jerarquizar (para permitir una elección) todos los proyectos de investigación científica concebibles en función de su eficacia respectiva en el cuadro de un proyecto de desarrollo (o de industrialización). Esta definición requiere algunas puntualizaciones:

Cuando nos proponemos jerarquizar los proyectos suponemos:

1º) que existen proyectos;

2º) que son relativamente homogéneos, luego comparables.

Si no fuese así, convendría agregar "investigar y jerarquizar" y precisar los límites de la planificación (exclusión de la investigación militar por ejemplo).

Hablando de proyectos concebibles, sobreentendemos que los científicos ya han hecho una primera elección, excluyendo ciertas investigaciones, sea porque ellos estiman que los trabajos extranjeros en ese dominio están suficientemente avanzados, sea porque ningún equipo nacional puede ser constituido en este tema en un lapso de tiempo dado (digamos un horizonte de 10 años). Es ésta evidentemente una restricción importante sobre la que se puede volver si se llega a la conclusión de que uno de los temas excluidos presenta un interés particular para la economía nacional y justifica el recurrir a hombres de ciencia extranjeros.

Indiquemos finalmente que no tratamos de evaluar, por supuesto, la eficacia absoluta de la investigación, lo que requeriría una confrontación con todas las otras acciones posibles (inversiones especialmente) sino simplemente su eficacia relativa.

En otros términos, tomamos como un dato aproximativo la parte del ingreso nacional²⁵ que es consagrada a la I.T.C. y tratamos de definir las prioridades de esta parte.

Una vez planteadas estas limitaciones, quedan por precisar las

²⁵ O la fracción de esta parte que es atribuida al sector estudiado.

nociones de eficacia y de elección de los objetivos en función del proyecto de desarrollo. Las necesidades de claridad fuerzan a tratar separadamente estos dos puntos pero es claro que ellos son inseparables y que en la práctica debemos recurrir a un procedimiento iterativo, es decir, corregir alternativamente los objetivos y los medios en función de los resultados obtenidos en cada etapa. Una elección de este tipo significa que rechazamos encarar la planificación de la I.C.T. en sí misma: la eficacia de cada proyecto de investigación es juzgado en función de su contribución a los objetivos de la economía nacional para cada período. Sólo en un segundo momento los proyectos son reunidos en un plan de I.C.T. que se encuentra de este modo insertado en el plan general no por el lazo artificial constituido únicamente por su financiación, sino por los efectos de cada uno de sus proyectos sobre los componentes de la economía nacional²⁶.

A, *Los objetivos de la economía nacional (enfoque A)*

Dos preguntas previas requieren una respuesta: ¿en qué fecha? ¿bajo qué forma?

La especificidad de la investigación científica exige un horizonte amplio, lo que significa que debe ser abandonado el mediano plazo—digamos la duración de un plan— (4 ó 5 años). Por otra parte, la rápida evolución del progreso técnico en los países industrializados obliga a excluir un plazo demasiado largo (20 ó 30 años) que tendría sin embargo la ventaja de dar un margen de libertad mayor (el número de científicos en una disciplina dada). En consecuencia, no queda más que un horizonte de 10 ó 15 años.

¿Bajo qué forma? Conviene evidentemente rechazar un modelo global, en términos muy agregados cuyos límites son conocidos²⁷. Por otra parte, sería poco serio encarar una proyección sectorializada al extremo que perdería en verosimilitud lo que ganaría en precisión aparente. También aquí, el “justo medio” adaptado a cada situación particular parece ser la solución óptima: por ejemplo, los grandes sectores (una docena), los

²⁶ Somos así fieles a la metodología de elección de inversiones propuesta por el ISEA. Cf. BEGUE, Jean, *Sur les critères de choix des projets spécifiques d'investissement*. Tiers Monde, oct.-dic. 1965, p. 888 - 893.

²⁷ Cf. los análisis críticos del Profesor FERROUX, F.

principales grupos económicos (4 ó 5), las regiones esenciales, el comercio internacional.

Admitamos entonces (1ª etapa), que con la ayuda de un plan económico y social (si existe), de proyectos de organismos oficiales y privados, de correcciones que se introduzcan eventualmente para suplir alguna laguna, se pueda tener una idea bastante precisa, con cifras en los aspectos esenciales, de las estructuras deseadas de la economía nacional hacia el fin de la próxima década²⁸. La segunda etapa metodológica consistirá en buscar los puntos de intervención posible de la I.C.T., es decir, aquéllos donde parece que un cambio tecnológico o un progreso de las técnicas utilizadas tendrían importantes repercusiones²⁹.

Esta será, por ejemplo:

una rama de la industria para la cual se desea un crecimiento muy rápido pero que, en el estado actual de las técnicas debiera reunir una cantidad de mano de obra superior a las posibilidades nacionales;

un sector económico que constituirá muy probablemente un cuello de botella para el resto de la actividad económica, sea porque él no podrá entregar la producción que se le demanda en cantidad suficiente, sea porque lo hará a un precio demasiado elevado, sea en fin porque la calidad de su producto será defectuoso;

una rama o un sector cuyo crecimiento exigirá recurrir en forma importante a las importaciones mientras que una innovación permitiría su sustitución por un producto nacional;

... etc...

Esta etapa, en el caso de una planificación de toda la investigación científica, es evidentemente muy compleja y muy larga, ya que ella exige reunir una masa considerable de informaciones prospectivas relativas a todos los factores de producción (trabajo, tierra, capital antiguo y nuevo...), todos los sectores (agricultura, industria, transportes, servicios diversos...), las estructuras sociales y regionales, los comportamientos, etc...

²⁸ No debe excluirse la hipótesis aunque tal estructura nos parezca defectuosa. Podremos indicarlo, discutirlo con los responsables, pero evidentemente debemos aceptarla tal cual.

²⁹ La metodología propuesta se inspira en la recomendada por OCDE. Cf. *OECD Pilot teams to study the needs for scientific research and technology*, DAS/PD, 63 - 64, p. 11 - 12.

No pensamos en consecuencia que pueda ser la obra de una sola persona; exige obligatoriamente la constitución de un fuerte equipo pluridisciplinario. Por el contrario, si la planificación de la I.C.T. no es encarada más que para un sector, un investigador aislado puede obtener ciertos resultados. Tomemos el ejemplo del sector metalúrgico; de acuerdo a lo que acabamos de exponer, convendrá, a partir de la proyección de las estructuras de la economía nacional (1ª etapa), elaborar una proyección más fina del sector metalúrgico exclusivamente (producción de metales por metales, funciones de producción, empleo, recurso al comercio exterior, estructura de los mercados, etc...) y marcar los puntos estratégicos en las condiciones tecnológicas que se supondrán idénticas a las actuales (2ª etapa). A partir de allí (3ª etapa), uno deberá preguntarse acerca de las consecuencias de todas las innovaciones que podrían resultar de diversos programas de investigación tratando de proceder a una primera evaluación:

- substitución de un insumo tradicional por un insumo nuevo,
- substitución de un insumo extranjero por un insumo nacional,
- modificación de un determinado procedimiento de fabricación,
- modificación de la escala de producción,
- obtención de un nuevo producto,
- ... etc...

Esta tercera etapa del enfoque A no deberá ser llevada demasiado lejos en un primer momento, ya que las conclusiones del enfoque B podrán revelar que ésta o aquélla innovación no tiene posibilidades de llevarse a cabo salvo mediante un costo excesivamente elevado. Se deberá, por consiguiente, conducir paralelamente el enfoque B, que nos indicará —tanto como se pueda— acerca del costo y el beneficio esperados de cada proyecto de investigación.

B, *El costo y el beneficio de los proyectos de investigación (enfoque B)*

En una primera mirada, se puede pensar en evaluar la eficacia de la investigación confrontando, como en el caso de cualquier inversión, un beneficio (numerador) y un costo (denominador). Pero ¿cuál es el beneficio y cuál es el costo de la I.C.T.?

Surgen dos órdenes de dificultades:

- una ligada a la noción de eficacia tal como nosotros la hemos definido (con referencia a las estructuras deseadas de la economía nacional);
- otra ligada a la especificidad de la investigación que no produce un

bien material relativamente fácil de evaluar (en la lógica del mercado al menos), sino una información científica doblemente aleatoria, en su valor intrínseco y en su valor de utilización.

Debemos examinar estos dos órdenes de dificultades, tanto del lado del costo como del lado del beneficio para poder hacer un esquema de las posibilidades de evaluación de la eficacia de los programas de I.C.T.

a) *El costo de la investigación.*

Los empresarios privados basan su decisión de lanzar o de detener un programa de investigación en una evaluación de su costo³⁰. Incluso calculado correctamente, este costo es falso (ex-post y ex-ante), desde el punto de vista de la colectividad nacional, ya que el empresario no registra más que una parte de los costos reales de su producto.

En el caso de la investigación aplicada, por ejemplo, no contará para nada el costo de la investigación fundamental cuyo resultado utiliza y que ha costado a la colectividad el mantenimiento de investigadores en la universidad próxima. Más bien, ex-ante, este costo tiene muchas probabilidades de ser falso en la perspectiva del empresario privado ya que este último sólo puede prever la duración de la investigación con un considerable margen de aproximación. A pesar de tales lagunas, de las que es necesario ser al menos consciente, no deben forjarse ilusiones: durante mucho tiempo aún el costo contabilizado de la I.C.T. (sobre todo ex-ante) será una aproximación grosera a su costo real. La evaluación que estaremos obligados a retener y que nos será provista por los científicos será en consecuencia de una naturaleza muy similar a la que retiene el empresario privado.

³⁰ Se calcula, en Francia, el costo anual de un equipo de investigación que comprende 1 ingeniero, x técnicos, y obreros y z administrativos. Este costo engloba, además de los salarios, los gastos corrientes y la amortización del material (edificio, útiles y aparatos). Sólo resta, a continuación, multiplicar este costo por el tiempo que supuestamente durará la investigación (lo que constituye evidentemente la principal incógnita).

A título de ejemplo, citemos algunas evaluaciones del costo anual de un equipo en 1962: electrónica, electroquímica 190.000 F.
 química 150.000 F.
 alimentación 172.000 F.

Fuente: RAMAIN, P., *La rentabilité de la recherche développement*. Institut Economique et Juridique de l'Energie de Grenoble, 1965.

b) *El beneficio de la investigación.*

La evaluación de los resultados de la investigación presenta probablemente más dificultades aún que la de su costo pero ofrece la ventaja de permitir el empleo de algunas hipótesis.

Primera dificultad: "su producto directo es exclusivamente la información, fenómeno que entre todos escapa a la medida, difuso en sus efectos y cuyo valor activo está por otra parte fuertemente ligado a la calidad de la comunicación entre la investigación -desarrollo y sus utilizadores³¹. En consecuencia será necesario ir a buscar muy lejos un resultado mensurable, a saber, los resultados de la innovación (incremento de la productividad, industria nueva... etc.) hija, ella misma, de la invención.

Segunda dificultad: el factor probabilístico debe ser introducido a todas las etapas del proceso idea - invención - innovación - resultado económico.

Ahora bien, cómo prever las posibilidades de éxito de una idea, el tiempo y la extensión de su transformación en innovación, las consecuencias de esta última. Sin duda, disponemos de algunas encuestas realizadas ex-post en los Estados Unidos: globalmente 4% de las ideas parecería que se transforman en éxitos comerciales³²; BOOZ ALLEN ha calculado en 1959 la probabilidad media para que una idea se transforme en proyecto, en producto y en producto comercial: se eleva sucesivamente a 0.17 - 0.025 - 0.0018. ¿Pero cuál es el valor de estas encuestas? ¿Cómo tratar seriamente de extrapolar los resultados sobre todo a países cuyas estructuras y comportamientos están tan alejados de los de los Estados Unidos?

Tercera dificultad: se transforme o no en innovación, la invención puede ser el origen de una serie de otros descubrimientos imprevisibles que, a su vez, se transformen o no en innovación. Del hecho de la interdependencia de las técnicas "los progresos realizados en una disciplina científica enriquecen las otras disciplinas: es, por ejemplo, un descubrimiento en cristalografía, el del germanio o el del silicio, lo que nos ha permitido determinar la naturaleza de las corrientes eléctricas (continuas,

³¹ GODIN, L., *L'entreprise devant la recherche et le développement, Analyse synthétique de modèles américains*, AFAP, Cahier n° 1, 1964, p. 61.

³² Cf. PEDRAGLIO, G., *La notion de rentabilité de la recherche pour l'entrepreneur*, AFAP, Cahier n° 1, 1964, p. 75.

alternas o sinusoides) transformando la utilización de la electricidad y los medios de transporte”³³.

Todas estas dificultades explican que en el estado actual de nuestros medios de investigación sea poco realista esperar evaluar con precisión los beneficios a esperar de un programa de I.C.T.

Sin embargo, no parece imposible hacer un esquema —y cuando se le pueden dar cifras— algunos de sus resultados eventuales:

innovación susceptible o no de facilitar otras investigaciones (de donde el interés de los cuadros de investigación - investigación)³⁴;

innovación susceptible de proveer un incremento del producto:

- a) sea en una línea de producción tradicional;
- b) sea en una línea nueva;

innovación susceptible de elevar la productividad:

- a) por disminución del empleo por unidad;
- b) por aumento de la capacidad de producción;
- c) por mejoramiento de la calidad del producto.

Se atribuirá a cada una de estas hipótesis una probabilidad de éxito y una ponderación que exprese, groseramente, los plazos probables de aceptación de la innovación por los usuarios y de su difusión.

C, Intento de determinación de un criterio

Se trata, en esta última etapa, de confrontar las indicaciones de los enfoques A y B. Hemos intentado, con A, determinar las necesidades de cambios tecnológicos de la economía nacional al fin del período estudiado; con B, de evaluar los costos y los beneficios de programas de investigación susceptibles de responder a dichas necesidades. ¿Cómo elegir entre estos últimos, en la hipótesis muy plausible en que todos puedan ser emprendidos?

Es claro que no se puede tratar razonablemente de expresar la eficacia de cada uno por un coeficiente único. Se podría sin embargo

³³ ARMAND, L., *Science, technique...* op. cit., p. 89.

³⁴ Los primeros han sido elaborados en Francia por MAESTRE, M., de la Délégation Générale a la Recherche Scientifique.

expresar los costos previstos³⁵ y los beneficios esperados bajo la forma de múltiples fracciones que expresarían cada una uno de los efectos del programa de investigación:

sobre la producción de ramas industriales nuevas,
sobre la productividad de ramas industriales tradicionales,
sobre el comercio exterior,
sobre la localización de las actividades industriales...

Se preguntaría entonces acerca del peso de cada uno de esos efectos con relación a la estructura económica que desea darse la nación al fin de la próxima década.

La elaboración de tal criterio, bajo la forma de una fórmula operativa única, no es posible por cierto en lo inmediato. Ella deberá ser precedida por numerosos trabajos, menos ambiciosos pero más útiles porque delimitarán los contornos de la realidad económica y científica. Es lo que ya están intentando algunos equipos de investigadores y se desea que la metodología aquí expuesta permita hacer progresar sus trabajos.

DIE WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG DER TECHNISCHEN FORTSCHRITTE UND IHRE NUTZBARMACHUNG ZUR WAHL EINES PROGRAMMES FÜR WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG

Zusammenfassung

Zahlreiche Länder, beim Entdecken welche Rolle die wissenschaftliche und technische Forschung (RST) in der wirtschaftlichen Entwicklung spielen kann, erkennen an, dass sie ihre Anstrengungen nicht nach allen Richtungen hin vielfältigen können und dass sie ihre Forschungen planmässig festsetzen müssen. Vor allem will der Verfasser zeigen, dass die Länder auf dem Wege der Industrialisierung den industrialisierten Ländern nicht das Monopol der RST überlassen können: Eine solche Option beruht auf dem für die technischen Fortschritte als unerlässlich betrachteten Charakter, auf den Unterschieden in den Konstellationen von natürlichen und menschlichen Begabungen von einem Kontinent zum anderen, auf der wahren Rolle der RST im Zusammenhang mit dem Unterricht und der Industrie: Somit wird eine Anstrengung der RST nur planmässig verstanden. In einer weitgehenden Untersuchung einiger auf diesem

³⁵ Entre estos últimos no se olvidará de hacer figurar los costos indirectos del programa de investigación tales como las industrias utilizadoras...

Wege gefundenen Schwierigkeiten entwirft der Verfasser die Perspektiven und grossen Linien für eine Methode zur wirtschaftlichen Bewertung der technischen Fortschritte und zur Wahl eines Forschungsprogrammes.

**L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES PROGRÈS TECHNIQUES
ET SA UTILIZATION POUR CHOISIR UN PROGRAMMA
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Résumé

En découvrant le rôle que peut jouer la recherche scientifique et technique (RST) dans leur développement économique, de nombreux pays reconnaissent qu'ils ne peuvent multiplier leurs efforts dans toutes les directions et qu'ils doivent planifier leurs recherches. L'auteur de cet article s'attache d'abord à montrer que les pays en voie d'industrialisation ne peuvent laisser aux pays industrialisés le monopole de la RST. Une telle option repose sur le caractère jugé indispensable des raccourcis techniques, sur les différences de constellations des données naturelles et humaines d'un continent à l'autre, sur le rôle intrinsèque de la RST en liaison avec l'enseignement et l'industrie. Un effort de RST ne se conçoit donc que planifié: tout en analysant quelques unes des difficultés rencontrées sur cette voie, l'auteur esquisse des perspectives et les grandes lignes d'une méthode pour évaluer économiquement les progrès techniques et choisir un programme de recherche.

**ECONOMIC EVALUATION OF TECHNICAL DEVELOPMENT AND HOW
TO USE IT TO CHOOSE A SCIENTIFIC INVESTIGATION PROGRAM**

Summary

When they discovered the role that technical and scientific investigation (R S T) can play in their economic development, a great number of nations realized that they could not multiply their efforts in every direction, therefore they decided to plan their investigations.

The author wants to show above all, that semi-industrialized countries cannot leave the monopoly of the R S T to fully industrialized countries only. Such a choice is on the nature, considered indispensable, of the technical advancements; on the differences of natural and human faculties from one continent to another; on the specific role of the R S T in connexion with learning and industry.

An R S T effort is not thought of but planned. When some of the difficulties found in this way are fully analysed, the author sketches the prospects and principal lines of a method to evaluate the technical advances economically and to choose an investigation program.

LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEI PROGRESSI TECNICI E LA SUA
UTILIZZAZIONE PER SCEGLIERE UN PROGRAMMA
DI INVESTIGAZIONE SCIENTIFICA

Riassunto

Scoprendo il ruolo che può giocare l'investigazione scientifica e tecnica (R S T) nel suo sviluppo economico, molti paesi riconoscono che non possono moltiplicare i loro sforzi in tutte le direzioni e che devono pianificare le loro investigazioni. L'autore innanzitutto vuole mostrare che i paesi in via di industrializzazione non possono lasciare ai paesi industrializzati il monopolio di R S T. Una tale opzione riposa sul carattere considerato indispensabile dei progressi tecnici, sulle diversità di costellazioni dei doni naturali ed umani da un continente all'altro, sul ruolo intrinseco della R S T in connessione con l'insegnamento e l'industria. Un sforzo di R S T non si può quindi concepire se non pianificato. Analizzando ampiamente alcune fra le difficoltà trovate su questo cammino, l'autore sborza le prospettive e le grandi linee di un metodo per valutare economicamente i progressi tecnici e scegliere un programma di investigazione.