

CIENCIA Y TECNOLOGIA EN MEXICO

Leopoldo García-Colín S., Luis de la Peña, Mario
Waissbluth, Alejandro Cornejo Rodríguez y Teodoro
González. Moderador: Manuel Peimbert

PRESENTACION

Se acepta en general que el desarrollo de la ciencia y la tecnología es fundamental para el progreso del país. Debido a que cada quien interpreta esta tesis de manera diferente, ella es sostenida por personas con puntos de vista e ideologías muy variadas. Aunque parece haber consenso en considerar que para lograr el desarrollo es necesario eliminar la subordinación económica y social de nuestro país a los países industrializados, existen divergencias en muchos otros aspectos, por ejemplo: mientras algunos consideran que el desarrollo consiste en reducir la brecha con los países industrializados por medio de la importación de tecnologías cada vez más sofisticadas, otros consideran que ésta es la mejor manera de acentuar nuestro subdesarrollo.

Además del ejemplo anterior surgen distintas respuestas a una serie de preguntas fundamentales planteadas por la tesis inicial: ¿Es posible desarrollar a nuestro país dentro de la estructura socioeconómica actual? ¿Cuáles deben de ser las metas de un programa de desarrollo en ciencia y tecnología a corto, mediano y largo plazo? ¿Debe haber áreas prioritarias en dicho programa? ¿Se debe modificar la estructura de la enseñanza superior?

Creemos que el problema del desarrollo de la ciencia y la tecnología es muy importante y debería ser parte de una discusión permanente entre los miembros de la comunidad científica nacional, así como de la sociedad en su conjunto. Con el propósito de estimular las argumentaciones y confrontar distintos puntos de vista, la mesa directiva de la Sociedad

Mexicana de Física decidió realizar esta mesa redonda. Se invitó a una serie de científicos particularmente interesados en el problema, unos dedicados parcial o totalmente a la administración y otros dedicados fundamentalmente a la investigación y a la enseñanza; ellos son: a) Dr. Leopoldo García-Colín, profesor de los Departamentos de Física de la UAM-Iztapalapa y de la Facultad de Ciencias de la UNAM y miembro del Colegio Nacional; b) Dr. Luis de la Peña, investigador del Instituto de Física de la UNAM y profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM; c) Dr. Mario Waissbluth, director general de Desarrollo Tecnológico de la UNAM y ex-director adjunto de Desarrollo Científico del CONACYT; d) Dr. Alejandro Cornejo Rodríguez, investigador del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; e) Fis. Teodoro González, secretario técnico del director ejecutivo del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

En esta mesa redonda se presentan: evaluaciones generales de la ciencia y la tecnología en México, un análisis sobre la situación pasada y presente del sistema de investigación y desarrollo, esbozos de programas y soluciones adecuados a nuestra situación, y ejemplos específicos de cómo se han relacionado la ciencia y la tecnología en el país.

FOREWORD

It is generally accepted that development in Science and Technology is paramount for our country's welfare and progress. This thesis is upheld by people with very different ideologies and points of view because each one interprets it in a different way. Even if there seems to be a consensus in considering that to achieve development it is necessary to eliminate the social and economic subordination of our country to industrialized countries, there are discrepancies in many other aspects, for example: while some consider that development consists in reducing the breach with industrialized countries by means of imports of technologies more and more sophisticated, others consider that this is the best way to increase our underdevelopment.

In addition to the previous example different answers arise to a series of fundamental questions posed by the initial thesis: Is it possible to become a developed country within the present socioeconomic framework? Which should be the short, medium and long range goals of a program in Science and Technology? Should there be areas of priority in such a program? Should the structure of higher education be modified?

We think that the problem of the development of Science and Technology is very important and that it ought to be part of a permanent discussion among the members of the Mexican scientific community as well as by the society as a whole. To stimulate and to confront different points of view, the executive committee of the Sociedad Mexicana de Física decided to carry out this panel discussion. A series of scientists particularly interested in this problem were invited, some partially or totally dedicated to administration and others mainly dedicated to research and teaching; they are: a) Dr. Leopoldo García-Colín, professor of the Physics Departments of the UAM-Iztapalapa and of the Facultad de Ciencias of the UNAM, and member of the Colegio Nacional; b) Dr. Luis de la Peña,

professor of the Instituto de Física and of the Physics Department of the Facultad de Ciencias of the UNAM; c) Dr. Mario Waissbluth, general director of Technological Development of the UNAM and formerly associate director of Scientific Development of the CONACYT; d) Dr. Alejandro Cornejo Rodríguez, researcher of the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; e) Fis. Teodoro González, technical secretary of the executive director of the Instituto de Investigaciones Eléctricas.

The panel discussion on the Mexican situation includes: a general evaluation of Science and Technology, an analysis in time of the system of research and development, outlines of programs and solutions, and specific examples of the relationship between Science and Technology.

EL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO;
SU RELACION CON LA INVESTIGACION CIENTIFICA
Y LA EDUCACION SUPERIOR

L. García-Colín S.

I. INTRODUCCION

Con objeto de poder llevar a cabo un análisis serio y preciso de cuál es el estado general de la infraestructura científica y tecnológica de México y su relación con la investigación científica, los estudios de postgrado y otras actividades científicas, tecnológicas y culturales, es conveniente y deseable hacer un repaso de cómo se ha desenvuelto el sistema nacional de investigación y desarrollo (ID) durante los últimos quince años. Este repaso nos permitirá evaluar con objetividad los recursos de que disponemos en este contexto.

Es un accidente fortuito que hace precisamente quince años, durante el mes de octubre de 1967, se llevó a cabo una Reunión Nacional de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Económico y Social de México durante la cual se dieron lectura y discutieron a fondo los documentos preparados por las diferentes subcomisiones de programación integradas en las varias disciplinas científicas y tecnológicas. Estos documentos contienen las recomendaciones que se consideraron prioritarias para integrar de manera vigorosa el desarrollo del país. Conviene así, a manera de introducción de este trabajo, reproducir el texto presentado por la Subcomisión de Ciencias Físicas y Matemáticas con objeto de poder establecer comparaciones realistas con las cifras que tenemos en la actualidad. El citado texto dice:

El principal objetivo de la Reunión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Económico y Social de México, es proponer medios para que la investigación científica básica y tecnológica se desarrolle vigorosamente en nuestro país y para que este desarrollo sea un estímulo poderoso para aumentar la productividad.

Esta Subcomisión de Programación de Ciencias Físicas y Matemáticas, consideró muy especialmente la investigación en estas dos ramas de la ciencia, tanto en su aspecto puro como en sus aplicaciones a la ingeniería y otros sectores de actividad.

La Subcomisión estima que un desarrollo vigoroso de la investigación científica básica y tecnológica sólo se puede lograr con un esfuerzo económico muy considerable del gobierno y de la iniciativa privada.

La Subcomisión hace las siguientes RECOMENDACIONES.

GENERALES

- 1.- Deberá fomentarse la investigación científica básica y tecnológica en los centros ya existentes en el país. Cuando no existan centros adecuados podrían crearse nuevas instituciones, viéndose la posibilidad de que éstas se establezcan en las ciudades de provincia.
- 2.- En la programación de la investigación científica básica y tecnológica deberán tomarse en cuenta las opiniones de los centros y de su personal especializado que realizan actualmente tales investigaciones en México.
- 3.- Simultáneamente con la planeación del desarrollo científico y técnico nacional, se deberá hacer todo el esfuerzo posible para asegurar el fortalecimiento y crecimiento de nuestra propia industria, a fin de que los frutos de la investigación científica y tecnológica sean en beneficio de México.

SOBRE PRIORIDADES DE INVESTIGACION

- 4.- Deberá hacerse un inventario de las necesidades nacionales, tanto en el sector público como en el privado, que puedan ser resueltas con ayuda de la investigación científica básica y tecnológica, estableciendo periódicamente una jerarquización de estas necesidades. Al establecer esta jerarquización deberá darse prioridad a las investigaciones tecnológicas urgentes y al desarrollo de la investigación científica en los campos de la ciencia fundamental en los que se basa la tecnología correspondiente, prefiriendo aquellos campos en los que existan mayores recursos y facilidades.

- 5.- Deberá impulsarse la investigación científica básica y tecnológica que sea de interés nacional y que pueda ser realizada por el sector privado. Esta ayuda podría consistir en subsidios, asistencia técnica y en otras facilidades, por ejemplo facilidades fiscales.
- 6.- Deberá impulsarse la investigación científica básica aun en los campos en que no se realiza en México o en los que se realiza muy incipientemente, como única forma de asegurar, a largo plazo, un desarrollo científico y tecnológico adecuado.
- 7.- Para impulsar las actividades de investigación científica básica y tecnológica, deberán formarse grupos activos y productivos en las ciencias básicas de más estrecha relación con las áreas de desarrollo tecnológico que son de vital importancia para el desarrollo económico y social del país.

Algunos ejemplos de estas áreas son los siguientes:

- 1) Energía, su generación y aprovechamiento
 - 2) Petróleo y sus derivados. Industria petroquímica
 - 3) Industria nuclear. Radioisótopos y aplicaciones
 - 4) Industria siderúrgica y metalúrgica
 - 5) Industrias de transformación en materiales diversos, tales como plásticos y cerámicas, etc.
 - 6) Comunicaciones
 - 7) Ciencias de la computación
 - 8) Aplicaciones médicas y biológicas
- 8.- Deberá hacerse un inventario de los centros de investigación científica y tecnológica existentes en México, que contenga las realizaciones de esos centros en los campos de la ciencia pura y aplicada, que contenga además la lista de los investigadores que trabajan en ellos, de las investigaciones que efectúan, de los equipos de laboratorio con que cuentan y de sus bibliotecas especializadas.
 - 9.- Deberá dedicarse atención muy especial a los hombres de ciencia, ingenieros y técnicos dedicados a la investigación, ya que los seres humanos son el factor más importante en esta tarea.

Para implementar esta recomendación se debe:

- Fomentar la formación de nuevos investigadores.

- Apoyar la investigación científica y tecnológica con subsidios y contratos por trabajos realizados en los centros existentes, para mejorar las condiciones económicas de los investigadores y para mejorar los equipos de laboratorio y biblioteca.
- Aumentar la remuneración de los investigadores en las instituciones que existen actualmente, dando especial atención a la formación de un ambiente de trabajo propicio.
- Evitar la fuga de investigadores al extranjero y la dispersión de actividades de los mismos.

Es urgente que se inicie el cultivo en México de ciertos campos de la física, de las matemáticas y de la ingeniería. En otros es necesario un impulso vigoroso. Muy pocos están lo suficientemente desarrollados para poder aplicarse con ventaja de inmediato al desarrollo tecnológico e industrial.

- 10.- Deberá seguirse un método científico para establecer las prioridades de investigación y coordinar las actividades y los programas de trabajo, buscando indicadores cuantitativos apropiados.

SOBRE FORMACION DE PERSONAL DE INVESTIGACION

- 11.- Sólo puede lograrse una solución estable para el desarrollo en ciencia y tecnología mediante una reforma integral que mejore nuestro sistema educativo en los aspectos de las ciencias básicas a todos sus niveles, desde la educación primaria hasta los estudios superiores.

Es necesario mejorar y modernizar los programas y métodos de enseñanza y buscar una mejor preparación de profesorado, especialmente en los ciclos medios.

Deberá ponerse gran énfasis en el desarrollo de las escuelas de graduados, ya que en ellas se forman los profesionistas especializados de alto nivel.

- 12.- Utilizando los datos que ha preparado la Oficina de Recursos Humanos del Banco de México, S.A., para la proyección de la población escolar se concluye que, únicamente para la docencia en matemáticas, en 1970 se necesitarían 1800 licenciados en matemáticas y 3900 en

1980, así como 160 doctores en matemáticas en 1970 y 500 en 1980. Tomando en cuenta que en los últimos 28 años hemos producido alrededor de 160 licenciados en matemáticas y 25 doctores, se infiere fácilmente que al ritmo actual de producción, estas cifras son imposibles de lograr.

En los campos de la física y la ingeniería, la situación es igualmente grave.

Por lo anterior, urge reforzar nuestras facultades de ciencias y de ingeniería, orientando un mayor número de estudiantes hacia ellas. Necesitamos que produzcan de 200 a 250 egresados por año al nivel de licenciatura en matemáticas en los próximos cinco años y cifras proporcionales en física e ingeniería. Con el fin de capacitar a los egresados para colaborar en investigaciones de ciencia aplicada y en la docencia en las escuelas profesionales técnicas, deberán formularse programas que presenten un acervo más amplio de materias.

- 13.- Para tener 500 doctores en matemáticas en 1980 necesitamos que nuestras escuelas de graduados estén produciendo alrededor de 40 por año en 1975. Esto implica que en ese año deberemos contar con un mínimo de 100 investigadores activos en las diversas ramas de matemáticas puras y aplicadas. En los campos de la física y la ingeniería, la situación es todavía más grave.

Por consiguiente, urge también reforzar nuestras escuelas de graduados y poner en operación un amplio programa de becas que permita a los estudiantes continuar su preparación bien sea en nuestras propias instituciones o en el extranjero.

Deberá establecerse una relación estrecha entre la investigación y la docencia, fomentando el desarrollo de actividades de investigación en los centros docentes mediante la subvención de trabajos de parte de los organismos dedicados a la investigación y de parte de las industrias.

En las secciones subsecuentes discutiremos cuáles son las características actuales del sistema ID del país basándonos en las cifras publicadas en las obras citadas en la bibliografía. Dado que un sistema de ID está caracterizado por sus recursos financieros, sus recursos huma-

nos y su productividad dedicaremos una sección a cada uno de estos puntos. En seguida usaremos toda esta información para abordar el tema central del trabajo, a saber, la investigación científica y el estudio de postgrados en México y su relación con el sistema ID. En la última sección haremos las conclusiones pertinentes y un esbozo sobre las perspectivas futuras.

II. RECURSOS FINANCIEROS

Una pregunta válida que requiere de una respuesta clara es la demanda real que existe en México para financiar el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por demanda real entendemos la que se genera por parte del sector productivo, siendo la industria el cliente principal en este sector. En el país la industria es privada o pública, esta última incluyendo tanto la que pertenece como la que es subsidiada por el gobierno. Ambas industrias son en casi su totalidad dependientes de tecnologías extranjeras, y por lo tanto están obligadas a gastar grandes cantidades de dinero en la adquisición del "saber cómo", asistencia técnica, pago de regalías, consultorías y otros renglones similares. Esto implica que su economía es substancialmente dependiente del extranjero y que sus requerimientos para la generación local de tecnología son despre-ciables.

Estos hechos pueden entenderse con toda claridad si uno repasa las cifras más sobresalientes que describen la situación mundial en este contexto. Es un hecho bien conocido que el 95% de la productividad científica en el mundo se origina en los aproximadamente 25 países que constituyen lo que usualmente conocemos como el mundo desarrollado (E.U.A., la Unión Soviética, Japón, Europa Occidental, etc.). Estos países generan también el 95% de la producción de patentes, 80% del cual proviene de las grandes empresas transnacionales (Shell, Bell Telephone, etc.). Por ejemplo, en 1977 los E.U.A. recibieron siete mil millones de dólares por sus productos de exportación, incluyendo tecnologías. Estas últimas sumaron el 45% del total de dicha cifra. Es pues inmediato que el resto de los países de la Tierra, incluyendo México, comparten el estado de

ser países subdesarrollados o en vías de desarrollo. En tanto que en países como E.U.A., Japón, la República Federal de Alemania (R.F.A.), la Gran Bretaña, etc., entre el 50 y el 60% de su presupuesto en ID proviene de la industria, en México el 95% proviene esencialmente de las fuentes gubernamentales y el 5% restante de la industria (pública y privada). Estas cifras corroboran la aseveración acerca de la falta de una demanda real en el país para impulsar el sistema de ID.

Para insistir en este punto conviene señalar que hace diez años la participación de la inversión de capital extranjero en varias industrias básicas era: del 100% en la fabricación de utensilios eléctricos, del 94% en la industria farmacéutica, del 80% en la industria de hule y sus derivados, del 95% en la industria electrónica, etc. Situación que sólo ha cambiado cuantitativamente durante esta década.

Para tener una visión global más precisa sobre este renglón es interesante ubicar el sitio de México en el foro internacional con respecto al gasto destinado al sistema de ID como una fracción del Producto Nacional Bruto (PNB). Estos datos están dados en la Tabla I, donde se incluyen países avanzados y en vías de desarrollo. En las dos últimas columnas de la tabla se indica el porcentaje del gasto que proviene de diferentes fuentes. De aquí se ve que aun países como España, Portugal e Irlanda están en mejor posición que nosotros considerando que su población con respecto a la nuestra es de la mitad en el caso de España y de la vigésima parte en el caso de los otros dos.

Las conclusiones que podemos extraer de estas consideraciones son que en México la inversión de recursos en el sistema de ID es insuficiente y que no hay correlación alguna entre dicho sistema y la industria.

TABLA I

País	Gasto ID (%PNB)	Fuente (%)	
		Industria	Univ. + Gobierno
Alemania	2.2	51	47
E.U.A.	2.2	32	66
Francia	1.8	31	65
Gran Bretaña	2.0	41	55
Japón	1.9	56	43
Unión Soviética	3.6	0	100
Italia	0.91	28	72
Bélgica	1.49	-	-
España	0.3	11	89
Irlanda	0.8	-	-
Portugal	0.28	-	-
México	0.61	5	95

TABLA I. Gasto en ID expresado como un porcentaje del Producto Nacional Bruto (PNB) y porcentaje de la primera columna en términos de la fuente.

III. RECURSOS HUMANOS

Un factor crucial en la evaluación de la potencialidad de un sistema de ID es la magnitud de sus recursos humanos. Y es precisamente en él donde México tiene una posición muy débil aun cuando se le compara con algunos países latinoamericanos. A modo de comprender mejor los datos disponibles, vale la pena recordar de que en términos del censo de 1980 la población actual del país es de 67 millones de habitantes (en números redondos), 50% de la cual corresponde a personas menores de 25 años

y 30% menores de 18 años. También el índice de analfabetismo se estima en alrededor del 30% aunque es difícil obtener cifras reales. En 1980 el sistema educativo nacional alojaba a 874,000 estudiantes en el sistema universitario; tres veces más que en 1970. El 67% de este número correspondía a estudiantes en las áreas de administración y comercio, ciencias sociales y derecho. Sólo un 14% estudiaba ingeniería y el resto se distribuía entre ciencias exactas y naturales, medicina, filosofía, etc. El total representaba el 6% de la población con edades comprendidas entre los 18 y 25 años.

En base a estas cifras no es muy sorprendente aceptar los datos que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) ha publicado sobre la población de nuestro sistema de ID. En 1978 el número total de personas comprometidas con alguna actividad científica o tecnológica era de 12,600. Sin embargo no todos calificaban como científicos de acuerdo a la definición más o menos bien establecida de lo que es un científico (ver Sección IV). De este número el 44% (igual a 5544) sólo tenía un grado o título profesional y el 12% (igual a 1512) un nivel educativo menor.

Restando estas dos cifras del total, se llega a una más realista del número de científicos que había en ese año, 5534. Esto incluye las áreas de ciencias sociales y de la vida y produce la cifra de un científico por cada 12,000 habitantes. Según la misma fuente, este número aumentó a 6,800 en 1981. Sin embargo, de los 5534 científicos de 1978 sólo el 19% (igual a 1050) poseían un grado de doctor. Una confrontación brusca y sana con estos números nos deja con una perplejidad absoluta; ya no hay nada más que decir respecto a esta situación paupérrima. Sin embargo, y a modo de comparación, damos algunas tablas que nos permiten evaluar la proyección de esta característica del sistema de ID del país en el escenario internacional.

En la Tabla II se muestra el número total de científicos, así como el número por cada 10,000 habitantes de varios países incluyendo cuatro latinoamericanos. La Tabla III muestra la distribución, como un porcentaje del total, en universidades, la industria privada y el sector gobierno. La Tabla IV es la que exhibe con mayor agudeza la patética si-

tuación del país en materia de recursos humanos. La primera columna indica el número total de científicos activos con que contaban los E.U.A. por actividad en ciencias naturales y exactas. Las columnas segunda y tercera muestran esas cifras para México en 1978, la segunda indicando la cifra real y la tercera la ideal, esto es, el número que deberíamos haber poseído para llegar a un total de tres científicos por cada 10,000 habitantes.

TABLA II

PAIS	Nº TOTAL DE CIENTIFICOS	NUMERO POR 10 ⁴ HAB.
Alemania (RFA)	83,300	20 (10 ⁴ > 20 años)
E.U.A.	528,000	42 (10 ⁴ > 20 años)
Japón	226,300	36 (10 ⁴ > 20 años)
Israel	7,700	40 (10 ⁴ > 20 años)
Bélgica	10,000	15 (10 ⁴ > 20 años)
Francia	56,700	17 (10 ⁴ > 20 años)
Italia	28,600	5
España*	30,750	7.5
Suecia	9,900	18 (10 ⁴ > 20 años)
Suiza	13,800	32 (10 ⁴ > 20 años)
India	36,500	0.54
México [†]	6,800	1.2
Argentina	7,700	3.1
Chile	3,067	3.1
Uruguay	1,537	5.1
Venezuela	3,441	2.7

* Nº total de autores científicos.

† Nº total de personas en el sistema ID.

TABLA II. Número de científicos total y por cada 10,000 habitantes. Datos tomados entre 1971 y 1975.

TABLA III

País	Universidades	Industria	Gobierno
Alemania (RFA) (1971)	20	67	13
Bélgica (1969)	47	42	11
E.U.A. (1974)	15	68	17
Francia (1971)	33	46	21
Israel (1974)	36	28	36
Japón (1974)	33	55	12
Suecia (1971)	36	50	13
Suiza (1971)	31	61	8
Italia (1975)	41	32	27
México (1974)	39	7	54

TABLA III. Distribución de científicos por la naturaleza de las instituciones (en % del total).

TABLA IV

Campos	E.U.A. (1977) Pobl. 250×10^6	México (1978) Pobl. 66×10^6	
		Real	Ideal*
Ciencias de la Vida	62,000	700	6,200
Ciencias Físicas	25,400	250	2,500
Matemáticas	16,700	150	1,670
Química	41,700	200	4,200
Ingeniería	43,500	200	4,350
Total	189,300	1,500	18,920

* Para tener una relación de 2.86 científicos por cada 10,000 habitantes.

TABLA IV. Distribución de doctores en ciencias en E.U.A. y en México por actividades.

Un examen minucioso de estos datos nos conduce inequívocamente a la conclusión fatal de que el sistema de ID del país está raquíticamente poblado. A pesar de esto, es interesante ver cómo el país utiliza sus magros recursos humanos; esto se ve en la Tabla V que muestra los grados alcanzados y la actividad realizada por las 6,897 personas que estaban incorporadas a ese sistema en 1974.

TABLA V

<u>Educación</u>				
Nº Total en Sistema ID*	Doctorado	Maestría	Especial	Licenciatura
6897	516	407	94	665
<u>Campos de Especialidad y Actividad</u>				
	Total	Inv. Básica	Inv. Aplicada	Desarrollo
Ciencias Exactas y Naturales	1783	685	715	314
Ingeniería y Tecnología	1341	113	714	514

* Sólo empleados tiempo completo. Incluye todas las áreas del conocimiento.

TABLA V. Distribución de científicos en México (1974) por nivel educativo y por actividad.

IV. PRODUCTIVIDAD CIENTÍFICA

Para evaluar la productividad científica de un sistema de ID es necesario, primero, acordar qué cantidad medible es indicadora del co-

nocimiento original aportado por los científicos (creatividad) y segundo, cuál es indicadora de una productividad tecnológica. El consenso universal aceptado es que los artículos científicos publicados en las revistas internacionales sujetas a sistemas de arbitraje rígido constituyen una variable adecuada para medir la creatividad y que el número de patentes generadas por la comunidad tecnológica (desarrollo) es apropiada para medir la segunda. Así pues, un científico en su concepción más amplia, es aquella persona que produce regularmente (por lo menos cada tres años) un artículo científico, un reporte interno o una patente.

De acuerdo con estos criterios, en 1971 México compartió el 37° lugar en el mundo en productividad científica con países como Grecia, Taiwan y Nigeria. Más aún, el grupo científico asociado con las ciencias de la vida (ver Tabla IV) produjo entre los años de 1968 a 1970, 459 artículos científicos, y lo que es más espeluznante es que este mismo número constituyó la productividad entre los años de 1975 a 1977, después de un período de tiempo en que la población de esa comunidad aumentó al doble. Este grado de estancamiento en nuestra productividad científica puede también observarse en otras áreas de las ciencias con excepción de las ciencias físicas. Para completar este cuadro, hay que agregar que un científico se considera como prominente si su trabajo recibe seis o más citas bibliográficas al año. En las ciencias de la vida sólo 59 científicos (13%) lograron este nivel en 1977, y muy posiblemente existan cifras similares entre otros campos de la actividad científica.

Después de esta introducción un tanto deprimente, es totalmente innecesario extender el análisis de la comunidad científica mexicana a un nivel internacional. Lo que puede ser de mucho mayor interés es presentar la productividad global de un instituto de investigación gubernamental después de varios años de funcionamiento para obtener una imagen más objetiva sobre la aportación de la ciencia y la tecnología al desarrollo del país. La institución elegida para este propósito es el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) creado en 1965 como la institución de ID asociada a Petróleos Mexicanos (PEMEX) considerada como la industria petrolera más poderosa en Latinoamérica.

De acuerdo con el informe de labores de dicho Instituto, en

1980 contaba con 3,800 empleados de los cuales 1,600 tenían un título profesional y 180 (escasamente el 5%) estudios de postgrado. En 1978 el presupuesto era de 800 millones de pesos que representaba como el 1.4% del presupuesto de PEMEX. Extrapolando de las cifras vigentes en 1974 cuando el gasto total en ID era del 0.04% del presupuesto de PEMEX, en 1978 fue aproximadamente de 0.14%, esto es, la décima parte del presupuesto del Instituto.

La productividad del IMP se mide esencialmente en términos del número de patentes registradas que incide en la tecnología propia usada en proyectos de plantas. La publicación de artículos científicos, si bien no era prohibida, tampoco era fomentada. En la producción de catalizadores, y después de once años de operación (1967-1978), se reclaman once patentes que para 1982 debieron implicar un ahorro de 100 millones de pesos (antes de la devaluación del 18 de febrero) sobre un total que no se conoce públicamente. La compra de catalizadores para procesos de refinación constituye uno de los gastos más fuertes de PEMEX en productos químicos. Por lo que al desarrollo de productos químicos concierne, durante los mismos once años se han registrado 61 patentes que cubren la producción de once tipos de productos. El volumen producido (en peso) es de 30,000 toneladas que se destinan al consumo nacional y representan el 0.75% del total de productos químicos producidos y consumidos en México en 1976.

Para evaluar la productividad en ingeniería es necesario un pequeño preámbulo. En 1976 el CONACYT realizó un estudio de la demanda para servicios de ingeniería en el país en términos de su satisfacción por el sistema educativo. En estos términos, el 95% de la demanda para estipular especificaciones de equipo y compra de tecnología era cubierta, así como el 80% de la demanda para la supervisión de plantas completamente instaladas (compradas "llave en mano") y el 90% de la demanda para la instrumentación de procesos (hardware), pero sólo se satisfacía el 15% de la demanda en ingeniería básica (diseño de procesos). Los servicios de ingeniería del IMP siguen fielmente este patrón. De hecho, de los 326 ingenieros empleados en 1976 sólo 20 tenían un grado de maestría o de doctor. Habían participado esencialmente en la ingeniería de detalle de

75 diferentes procesos: 35 en refinación, 12 en petroquímica, 15 en procesamiento de gas y los restantes de naturaleza diferente. El costo total de estos procesos sumaba 25,000 millones de pesos, que representaba el 25% de la inversión total de PEMEX en plantas nuevas durante 1976-1982. Estos datos pueden discrepar un poco con los recientemente publicados por la revista Ciencia y Desarrollo (ver Ref. 11) en cuanto a que México ocupa el 5º lugar en el mundo al aportar el 46.7 de tecnología propia en el proyecto de plantas, pues el concepto de tecnología propia incluye el diseño del proceso y su instrumentación (ingeniería de detalle) y las cifras aludidas no distinguen entre ambas. Las restantes actividades del Instituto están ampliamente descritas en la Ref. 11 y no tiene caso repetir las aquí.

Como un comentario final es deseable apuntar que las otras grandes industrias gubernamentales como la eléctrica, agrícola, de comunicaciones, etc., no tienen una contrapartida similar al IMP, salvo el caso de la primera que cuenta con el relativamente joven y promisorio Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) cuya actuación como un miembro del sistema de ID es todavía prematura para evaluar.

Estas cifras corroboran el hecho de que el frágil sistema de ID tiene una productividad global muy raquítica, como consecuencia de la cual subsiste una fuerte dependencia tecnológica del país de las potencias extranjeras.

V. EL SISTEMA EDUCATIVO DE POSTGRADO Y LA INVESTIGACION CIENTIFICA

La situación desalentadora que prevalece en el sistema de ID nacional está inevitablemente relacionada con el sistema educativo y con las características de la investigación científica que se practica en el país. Requeriría de un esfuerzo enorme, muy por encima de los alcances de este trabajo, dar una explicación detallada y exhaustiva de la correlación entre estos sistemas. Para los propósitos que aquí se persiguen, es suficiente entender cuál ha sido la situación pasada y presente en relación al entrenamiento de los científicos nacionales a nivel de maestría y doctorado; una cuestión que es indisociable de la infraestructura sub-

yacente a la investigación científica.

Aunque el CONACYT reporta la existencia de 449 instituciones asociadas con el sistema de ID en el país, sólo 15 de ellas otorgan grados de doctor en ciencias y/o ingeniería y 67 grados de maestría. De las primeras, siete están localizadas en el D.F. y ocho en provincia. De las segundas, 27 están en el D.F. y 40 en la provincia; sale sobrando subrayar la macrocefalia del D.F. también en materia educativa al nivel aquí considerado. En el caso de ciencias físicas y matemáticas, sólo dos instituciones otorgan estos grados y las dos están en el D.F. Ellas son la Facultad de Ciencias de la UNAM y el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV). Otras dos que acaban de iniciar sus programas de maestría y doctorado en física son la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Autónoma de Puebla. Entre los años de 1943 y 1978 la Facultad de Ciencias de la UNAM y el CINVESTAV produjeron 59 doctorados en física y 31 en matemáticas; aproximadamente el 25% y el 30% respectivamente del número total de doctores con que contaba el país en 1978. En ese mismo período otorgaron 155 y 131 grados de maestro en ciencias en física y matemáticas, respectivamente. La UNAM, que es por mucho la institución más poblada del sector educativo nacional (alrededor de 350,000 estudiantes), aloja también el 30% del número total de científicos en el país y, a pesar de ello, su productividad en personal a nivel de doctorado es muy pequeña. En la actualidad está produciendo alrededor de 7 doctores y 17 maestros en ciencias en física al año y 1 doctor y 9 maestros en ciencias en matemáticas anualmente. Esto claramente muestra también la falta de liderazgo científico en el país y la fuerte dependencia de países extranjeros aun para la formación de científicos jóvenes.

En química y en ingeniería civil la situación es más o menos dramática por razones un tanto singulares. La química sigue siendo una ciencia subdesarrollada en un país subdesarrollado. Por razones históricas, siempre se concibió como una actividad técnica, de manera que los títulos de químico industrial, farmacobiólogo y metalurgista se ofrecían en escuelas de ingeniería química. Como ciencia pura fue concebida como

parte de un programa curricular en la UAM-Iztapalapa en 1974. Así, por décadas los químicos han sido empleados como técnicos calificados en la industria química. Siendo ésta una industria tecnológicamente dependiente, como ya se hizo notar en la sección II, no ha existido ninguna presión para modificar esta situación. La única excepción en esta cadena la constituyó Syntex, que por muchos años, como laboratorio pilar de investigación en la industria de esteroides, impulsó mediante convenios con el Instituto de Química de la UNAM la química orgánica de estos compuestos; hecho que se refleja en que una alta proporción de doctores en química del país tienen la especialidad de química orgánica y en que las contribuciones más relevantes en investigación original se han hecho en este campo. Es curioso, y al mismo tiempo paradójico, que a pesar de la nacionalización del petróleo llevada a cabo en 1938, todavía no hay una especialización de postgrado en petroquímica en alguna institución de la UNAM, y el primer programa conducente a una maestría en esta disciplina fue iniciado por el Instituto Tecnológico de Cd. Madero, ¡en 1975! El caso de la catálisis, que es la piedra fundamental sobre la que está edificada toda la industria química moderna, incluyendo la petroquímica, apenas si comenzó a desarrollarse en el IMP a fines de la década de los sesentas, y en la actualidad sólo se impulsa, como un tema prioritario de investigación, en el Departamento de Química de la UAM-Iztapalapa. Otras áreas de la físico-química, ciencia vital para el desarrollo de un país con miras a la industrialización, han sido y siguen siendo completamente ignoradas (ver Ref. 12). Esto explica, entre otros factores, la inexistencia de una infraestructura en ingeniería química capaz de realizar proyectos de diseño de procesos químicos, esto es, la ingeniería básica aludida en la sección anterior.

En el campo de la ingeniería civil, los eventos se sucedieron de manera muy diferente gracias a la visión y a la perspicacia de unas cuantas personas que hace algunas décadas favorecieron su desarrollo al considerar a esta disciplina vital para el progreso del país. La creación de Ingenieros Civiles Asociados (ICA) y otras empresas, impulsó la ingeniería civil en muchas de sus áreas cuya parte más básica fue ubicándose en forma natural en el Instituto de Ingeniería de la UNAM; hoy en

día el mejor de su género en todo el país y, además, es probablemente el único instituto de investigación de una universidad que es totalmente autosuficiente. No es pues extraño percibir el alto grado de desarrollo y de independencia que ha logrado alcanzar esta rama de la ingeniería en México.

Los otros campos de la ingeniería son prácticamente inexistentes como participantes al sistema nacional de ID. Los ingenieros de diversas especialidades se dedican fundamentalmente al servicio, mantenimiento y operación de procesos comprados, a la administración o a las ventas. Esto concuerda con las estadísticas del CONACYT mencionadas con anterioridad.

En cuanto a la investigación científica concierne, es innecesario repetir que por lo menos en las ciencias exactas y naturales, está totalmente desligada del sector productivo del país. No es pues de extrañarse que el 85% del escaso presupuesto que se dedica a la investigación en México, se canaliza hacia la investigación básica; otra indicación más de nuestro grado de subdesarrollo ya que esta cifra no alcanza ni el 20% en los países avanzados.

La investigación básica se lleva a cabo fundamentalmente en los institutos y centros de investigación de la UNAM y en el CINVESTAV. En las ciencias de la vida y la salud la práctica es más versátil pero referimos al lector interesado a la Ref. 5 para mayores detalles. Aquí sólo haremos algunos comentarios acerca de la investigación básica en ciencias físicas, químicas y matemáticas. En términos generales el desarrollo de estas ciencias no ha obedecido a ningún esquema de planeación premeditado. Los grupos actuales se fueron formando gracias al esfuerzo y la dedicación de algunos investigadores que eligieron el área central de actividades por razones totalmente personales. La mayor parte de ellos producen ciencia, en algunos casos de muy alto nivel, pero de acuerdo a los patrones impuestos por el foro internacional de la ciencia. Es alrededor de estos grupos donde se están formando los nuevos valores jóvenes, quienes continúan en la misma área de trabajo o desarrollan alguna otra pero sin salirse del gran escenario mundial, que forzosamente es indicador de los problemas abiertos de la ciencia. Es este ambiente el que

estimula al joven a abordar estos problemas, y su éxito, si lo tiene, se ve compensado por el prestigio que adquiere en ese foro. Este patrón está lejos de ser criticable y, de hecho, debe ser estimulado y mantenido, pues es la única forma de que la comunidad científica de un país posea conocimientos de frontera y por consiguiente de transmitir una educación congruente con el progreso mismo de la ciencia. Este hecho, raramente apreciado por los administradores de la ciencia en países como el nuestro, produce efectos muy nocivos cuando se limita el conocimiento adquirido por el estudiante en el vertido en aulas y libros (¡si acaso!) y que por lo general, está muy defasado del conocimiento de frontera. Lo que es muy criticable es que no se haga un esfuerzo por impulsar la ciencia aplicada y el desarrollo tecnológico, fuentes inagotables de divisas en las cuales descansa el poderío de las grandes potencias extranjeras.

Si las universidades no cumplen con su función de estimular la producción o creación de conocimiento original, es difícil que se les considere como tales. En un país de 67 millones de habitantes no es posible depender de la macrocefalia del D.F. para crear la infraestructura científica que tanta falta nos hace. La provincia ha permanecido totalmente al margen de este problema en lugar de preocuparse seriamente por aportar una contribución substancial. En la introducción de este trabajo se señaló que en 1967 se requerían 500 doctores en matemáticas para 1980, y tenemos sólo la mitad. De ellos la provincia no ha formado uno solo y en sus universidades no trabaja ni el 10%. En química la situación es todavía más deprimente si se considera además la importancia que tiene esta ciencia para el desarrollo del país. Estamos muy lejos de poder formar los cuadros científicos ideales señalados en la Tabla IV, que apenas nos elevarían al rango de países como Argentina y los otros ahí citados.

VI. CONCLUSIONES

Si comparamos las cifras mencionadas en la introducción de este trabajo sobre la formación de personal de investigación requerido para 1980 y otros objetivos que se indicaron entonces con respecto al sis-

tema de ID nacional con las vertidas a lo largo del resto del artículo, las conclusiones saltan a la vista de inmediato. En términos generales el sistema de ID tiene cinco grandes defectos:

- i) Está desconectado y descorrelacionado de las necesidades del país.
- ii) Es insuficiente y/o incipiente.
- iii) Está pobremente informado y además, aislado.
- iv) Está mal distribuido.
- v) Está muy concentrado en las universidades, y en particular en el D.F.

La primera aseveración simplemente resume el hecho de que el sistema de ID no es capaz de satisfacer las demandas locales de tecnología creadas por la industria estatal. A su vez, ésta y la industria privada, que en un alto porcentaje es maquiladora de grandes empresas extranjeras, no generan una demanda real de ID.

La segunda afirmación es una consecuencia inmediata de las secciones II y III. En particular hay muchas áreas de la ciencia moderna que son de importancia vital en la posible generación de tecnologías que difícilmente se conocen o son temas de estudio en el país. El caso mismo de la química es patético.

La tercera afirmación es una forma de indicar que el científico en México todavía trabaja de manera muy individual, motivado más por las modas internacionales de la ciencia que por las necesidades mismas del país. Estas usualmente se encuentran ocultas o enmascaradas dentro de toda la maraña de nuestra ineficiente administración pública.

El cuarto punto subraya la macrocefalia que padecemos en México por la excesiva concentración de actividades en el D.F. En muchos aspectos se puede afirmar que la provincia todavía vive con algunos cientos de años de retraso.

Finalmente, el quinto punto implica que la mayor parte de la productividad científica nacional yace en el dominio de la ciencia pura. Esto, insistimos, no es malo. El error consiste en no impulsar la investigación aplicada. Este es un dilema que está en manos de los malos administradores, los cuales, por lo que se desprende del texto de este trabajo, han elegido relegarlo o entregarlo para que lo exploten otros. La falta de comunicación absoluta entre la industria y las universidades re-

fuerza mucho esta actitud, que incide en el detrimento de la economía nacional.

Ante estas circunstancias es muy difícil hacer un pronóstico para el futuro. Ante la actual crisis financiera del país, la posibilidad de que surja una débil señal indicando un cambio en la actitud de la administración pública hacia los dos problemas que más nos afectan, no es mínima sino nula. Estos problemas son la falta de calidad y de eficiencia en el sistema educativo de postgrado y la falta de coherencia y solidez del sistema de ID. Si en este momento se tomara la decisión de llevar adelante un proyecto industrial de gran magnitud, en los próximos 20 ó 30 años estaríamos forzados a importar de países avanzados toda la tecnología y una buena porción de asistencia técnica; con el gasto que esto implicaría. Este sería el caso si México decidiera llevar adelante su plan nucleoelectrico para producir 20,000 megawatts de energía eléctrica hacia fines de siglo. De acuerdo con nuestros expertos, ni siquiera seríamos capaces de suplir las demandas que se originarían por conceptos de ingeniería de detalle y de supervisión de plantas. Este hecho refleja que nuestro sistema educativo ni siquiera contempla graduar una matrícula adecuada de ingenieros en la próxima década, hecho que se conoce ya desde hace varios años (ver Ref. 1).

Por otra parte, la ciencia pura tiene una pequeña probabilidad de sobrevivir como una actividad meramente teórica en las universidades. La razón es obvia y proviene del hecho de la enorme demanda educativa a que estarán sujetas las universidades en los próximos veinte años. Esto implica que las ciencias básicas tendrán que enseñarse a todos los niveles (secundaria, preparatoria y profesional) a una escala masiva. Los científicos que se ocupen de estos quehaceres, ciertamente encontrarán la motivación, como lo hacemos muchos hoy en día, de llevar a cabo tareas de investigación en áreas de la ciencia que serán interesantes quizás para la vasta comunidad científica internacional, pero completamente ajenas a la problemática nacional.

REFERENCIAS

1. Seminario sobre Educación Superior, ed. por B. Sepúlveda, Editorial

- de El Colegio Nacional, México, D.F. (1979).
2. Ciencia y Desarrollo (México), Vol. VI, No. 35 (1980); *ibid*, Vol. VII, No. 40 (1981); *ibid*, Vol. VII, No. 41 (1981).
 3. L. García-Colín, "La Universidad y su Papel en el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología", Conferencias y Discursos sobre la Autonomía, ed. por J. Carpizo, Editorial UNAM (1979) Vol. XIV, p. 63.
 4. L. García-Colín, "Nuestra Autosuficiencia en Materia Petrolera", Memoria de El Colegio Nacional IX, 55 (1979).
 5. A. Martínez-Palomo y H. Arechiga, La Investigación Biomédica en México, Gaceta Médica (México), 115 (1979) 65.
 6. R. Pérez-Tamayo, J. Flores, J.L. Mateos, L. García-Colín y otros, "La Ciencia en México", ed. por L. Cañedo y L. Estrada, Fondo de Cultura Económica, México, D.F. (1976).
 7. Las Perspectivas del Petróleo Mexicano, editado por el Centro de Estudios Internacionales, El Colegio de México, D.F. (1979).
 8. Informe de Labores de la Dirección de la Facultad de Ciencias 1978-1981, Facultad de Ciencias, UNAM (1982).
 9. A. Calles, J. Machorro, E. Martínez y L. de la Peña, "Recursos Humanos para la Industria Nuclear", Reporte Interno ININ, México, D.F., Nov. 1981.
 10. Science Indicators, ed. por la National Science Board, National Science Foundation, E.U.A. (1977); *ibid* (1979).
 11. Ciencia y Desarrollo (México), "El Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en México", Vol. VIII, No. 45 (1982) p. 26.
 12. L. García-Colín, "Las Ciencias Básicas y Tecnología Nacional", Ingeniería Petrolera 8, No. 1 (1968) 11; Rev. Inst. Mex. Petróleo 1 (1969) 82.

CIENCIA Y TECNOLOGIA EN UN PAIS SUBDESARROLLADO*

L. de la Peña

Las actividades de investigación científica en México están esencialmente desvinculadas del proceso productivo; también es un hecho que la investigación tecnológica de alto nivel es casi inexistente en el país. La causa común de esta doble carencia radica en la dependencia de la economía mexicana del exterior, lo que configura a México como un país subdesarrollado y determina a su vez la naturaleza dependiente de la actividad productiva nacional. Como consecuencia de esta situación, nuestro aparato productivo posee un carácter reflejo e imitador, y está organizado en tal forma de no requerir de la investigación propia para obtener soluciones o tecnologías, las que vienen ya hechas y en paquete desde el extranjero. Obviamente, en esta situación lo único que cabe esperar es que se haga un uso sólo muy limitado y poco racional de nuestros recursos humanos y materiales, y que se establezcan tecnologías deformantes, quizá apropiadas a los medios que les dan origen, pero frecuentemente ajenas a nuestros intereses y necesidades. En este esquema, la investigación científica y tecnológica de alto nivel resultan superfluas.

Las características mencionadas del sistema productivo imponen a su vez características correspondientes al sistema educativo superior, el que, al responder pasivamente a la demanda de un sistema dependiente, se dedica a la producción de cuadros preparados para la operación, mantenimiento e instalación de equipo y sistemas importados, pero carentes en general de independencia intelectual y creatividad. En otras palabras, el sistema educativo superior está organizado y funciona para preservar la dependencia tecnológica y científica. En estas condiciones, es natural que no exista una ciencia nacional, concebida como instrumento para

* Los puntos de vista vertidos por el autor en ésta y otras mesas redondas similares en las que participó en la misma época, son presentados con amplitud en el artículo "Ciencia y tecnología en México, país dependiente", por publicarse en la revista *Foro Universitario*. Por esta razón aquí se incluye sólo un breve resumen (parcial) de su ponencia.

coadyuvar a la independencia científica y tecnológica y favorecer los intereses de las grandes mayorías. Por lo contrario, la ciencia que hoy se practica en el país, tiene como modelo a la ciencia extranjera y extrae de las modas internacionales su temática central. Puesto que el camino de hacer más de lo mismo —por mucho que nos esforcemos en hacerlo mejor— no conduce sino a ahondar la dependencia tecnológica, debido a los nuevos requerimientos impuestos por el "desarrollo" científico y tecnológico trasplantado, se concluye que la única salida para que el aparato científico se convierta en un elemento de liberación, es transformarlo fundamentalmente en otro que, por sus objetivos, contenido, orientación y metodología, participe directamente en el proceso de creación de una ciencia propia, nacional: la autonomía científica no puede ser sino consecuencia de la realización con éxito de un proyecto nacional propio del país.

Una forma concreta de impulsar un programa de esta envergadura podría consistir en dirigir los más importantes esfuerzos de investigación del país hacia el estudio y solución de problemas importantes, de cuya solución dependa el bienestar de grandes sectores de la población. Se arguye que estos grandes problemas (con frecuencia vinculados a la salud, la alimentación, los recursos naturales, las fuentes energéticas, etc.) por su complejidad y profundidad se convertirían naturalmente en fuente inagotable de nuevos problemas científicos de primera línea y que, dentro de aquéllos, los que demandarán mayor iniciativa, imaginación, creatividad e independencia para su solución, serán probablemente los asociados a la creación de tecnologías locales técnica, económica, social y culturalmente adaptadas al medio en que se les desarrolla, es decir, de verdaderas tecnologías apropiadas. El desarrollo de actividades de esta naturaleza además ayudaría considerablemente en la tarea de preparar cuadros creativos e independientes, preparados y motivados para servir como elementos de transformación del sistema educativo superior. A la larga, se conformaría un nuevo tipo de actividad científica, capaz de coadyuvar con el proceso de obtención de la autonomía nacional, con una visión renovadora de la realidad nacional y una vocación de servicio.

Un punto medular de este programa es la transformación del sistema educativo superior en otro concebido para la producción de cuadros

que trabajen no para la dependencia, sino para los intereses nacionales: cuadros cuya actividad científica y tecnológica esté enraizada en nuestra problemática y nuestras necesidades reales, poseedores de una actitud crítica, no sólo en lo que se refiere a la realidad nacional, sino —y muy importantemente— en lo que concierne al modelo de desarrollo implícito en las tecnologías importadas y las implicaciones sociales de los adelantos tecnológicos que se dan en las sociedades industrializadas y en el valor que tales adelantos puedan tener al ser trasplantados a nuestro medio. Cuadros preparados, en resumen, para impulsar soluciones socialmente válidas y no simples recreadores o adaptadores de soluciones ajenas y desadaptadas.

Un programa de esta naturaleza, aunque sólo muy parcialmente realizable sin un cambio esencial en las condiciones sociopolíticas del país, es obviamente estimulador de tal cambio, además de que ayudaría a estar en condiciones de disponer en el momento en que sean más necesarios, de cuadros técnica, científica y socialmente preparados para insertarse activamente en el proceso de renovación autónoma de nuestra sociedad.

CIENCIA Y TECNOLOGIA:
 POR QUE, A PARTIR DE QUE Y EN QUE DIRECCION

Mario Weissbluth

1. LAS MOTIVACIONES DEL DESPEGUE TECNOLOGICO

Existe una clara dicotomía en México, y en la casi totalidad de los países subdesarrollados, entre las declaratorias oficiales de la importancia de la ciencia y la tecnología y la cotidiana toma de decisiones, en la cual la mayoría de los funcionarios del sector financiero, gubernamental y productivo (público y privado) no considera la tecnología como una variable importante. Esto culmina en adoptar la meta fácil en el corto plazo —menos riesgosa, más barata y sobre todo más rápida— de comprar tecnología y equipos de origen extranjero.

Por cierto, en el pánico reciente producido por la falta de divisas, se ha observado una verdadera avalancha de conversiones al nuevo credo tecnológico, en la esperanza de encontrar una panacea rápida para substituir importaciones, no sólo de tecnología, sino de toda clase de productos. Si bien esto es positivo, pues ha permitido a algunos sectores recalcitrantes constatar que las consecuencias de la dependencia son en verdad dolorosas, no deja de entrañar peligros, pues estas conversiones vienen generalmente acompañadas por una presión de corto plazo absolutamente incompatible con los tiempos requeridos para ensamblar un aparato tecnológico capaz de producir innovaciones en el sector productivo⁽¹⁾.

Más allá de fluctuaciones de ánimo provocadas por la crisis, debe entenderse que esta dicotomía tiene causas profundas, que bien vale la pena entender, pues en caso contrario se corre el riesgo de caer en una política de ciencia y tecnología de carácter retórico y autogratificante, que no conducirá a una modificación substancial de la estructura productiva del país.

Suele afirmarse que la razón de fondo para desarrollar tecnología es evitar el gasto en divisas que implica su importación. Este es en

principio un argumento débil e incompleto. El país gasta hoy cerca de 900 millones de dólares por año en pagos por tecnología, licenciamiento y contratos de asistencia técnica inscritos en el Registro Nacional de Transferencia de Tecnología. Si se compara esta cifra con el pago de los intereses de la deuda externa, o con los 12 ó 14 mil millones de dólares por año de exportación petrolera, vemos que los pagos tecnológicos no son ni con mucho la fuente más importante de problemas financieros del país. Al analizar un proyecto de inversión, el pago de 1 ó 2% sobre ventas por concepto de regalías es y seguirá siendo insignificante —a los ojos del funcionario y el empresario— frente a los riesgos, costos y plazos del desarrollo tecnológico interno. Podría tal vez aducirse que estos son los pagos por tecnología explícitos, y que los pagos por tecnología "incorporada" en otros servicios y en bienes de capital son mucho mayores que esta cifra. Esto es cierto, dolorosamente cierto, pero el problema estriba en que estos gastos aparecen mucho después que se tomó la decisión de inversión con tecnología extranjera, y en consecuencia no inciden de la misma manera en la escala motivacional y de corto plazo del empresario (público y privado).

¿Cuáles son o cuáles deberían ser entonces las razones que podrían impulsarnos a adoptar una política más agresiva de desarrollo científico y tecnológico? A nuestro juicio, son tres: a) competitividad internacional en el terreno comercial; b) búsqueda de un estilo propio de desarrollo; y c) causas geopolíticas y estratégicas.

a) Competitividad internacional

En este punto nos referiremos a la conveniencia, desde el punto de vista netamente comercial y empresarial, de contar con alguna medida de autonomía en el terreno tecnológico. Son innumerables los casos de empresas mexicanas, en que su abastecimiento de tecnología ha sido fluido e ininterrumpido... mientras la empresa ha producido para el mercado interno. Si bien la Ley de enero de 1982 de Transferencia de Tecnología en su Artículo 15-V prohíbe restricciones a la exportación, la realidad es que, en el momento en que las empresas comienzan a competir seriamente en el mercado internacional, sus fuentes de nuevas tecnologías se secan misteriosa-

mente. Sin caer en maniqueísmos ("la alevosía de las transnacionales"), la explicación se deriva de que no podemos aspirar a competir en el mercado internacional de bienes manufacturados confiando en políticas altruistas de cooperación científico-técnica entre el Norte y el Sur, y que debemos contar con autonomía técnica si queremos competir con alguna seriedad en el mercado internacional.

Por otro lado, existe a estas alturas abundante evidencia respecto a la complementariedad entre la buena compra de tecnología y el desarrollo interno.

Quien más sabe mejor compra, y esto se aplica a la tecnología⁽²⁾. En un caso extremo, vivido por el autor de este trabajo, una empresa extranjera rebajó a un tercio del valor original su cobro por una tecnología, ante la simple amenaza por la parte mexicana de desarrollar internamente la tecnología. Y esto se extiende también a la compra de insumos: "hay pruebas de que los expertos extranjeros suelen tener prejuicios en contra del empleo de materiales o técnicas nacionales. En un estudio reciente se han comparado las cantidades relativas de acero nacional e importado requeridas por tres proyectos elaborados en Chile y otros tres similares, elaborados en el exterior. Los proyectos chilenos necesitaban 22,000 toneladas de acero del país y 4,000 toneladas de acero importado; los proyectos elaborados en el exterior requerían 6,000 y 22,000 respectivamente. En la India, los consultores del país lograron disminuir el monto de la inversión propuesta para una planta productora de tractores, de 13 millones de dólares a 8 millones y eliminaron necesidades de importación de equipo por valor de 2.5 millones de dólares"⁽³⁾.

Otro argumento, de corte estrictamente competitivo, se refiere a la durabilidad de las inversiones, y en consecuencia, a su posibilidad para amortizarlas adecuadamente. La Fig. 1 muestra el tradicional ciclo de productos, donde se ilustra cuán corto es el tiempo en que una tecnología puede explotarse con ganancias, y más aún en esta época en que las tecnologías competitivas se van desplazando unas con otras a gran velocidad. Al comprar tecnología extranjera, está virtualmente garantizada una incorporación tardía al ciclo de productos⁽⁴⁾, y una menor posibilidad de gozar de los beneficios financieros de esta tecnología⁽⁵⁾.

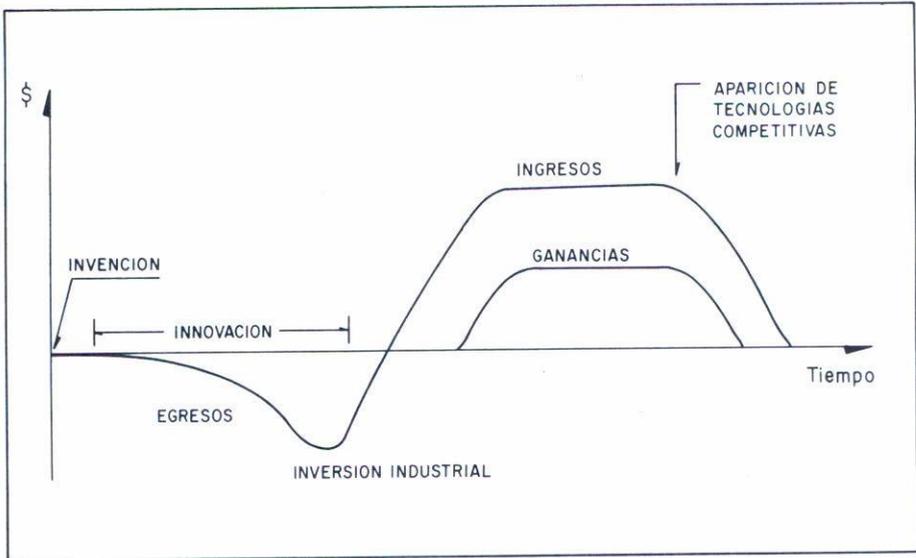


Fig. 1 El ciclo de productos.

b) *La búsqueda de un estilo propio de desarrollo*

Es pertinente iniciar este argumento con una cita de Indira Gandhi⁽⁶⁾: "Para la mayoría de la gente el progreso se ha convertido en sinónimo de imitación de los medios occidentales, pero siempre que hemos intentado copiar de los modelos de la sociedad industrial y que hemos sido insensibles a nuestras propias circunstancias los resultados no han sido nada afortunados. Ya ha llegado el momento de que pensemos hondamente acerca del tipo de progreso que queremos". Si pretendemos desarrollar nuestra tecnología según el modelo "Norte", es difícil pensar en una sociedad que no presente los problemas que ahora ellos encaran. Es ya indiscutible el reconocimiento de que el desarrollo de nuestros países no puede seguir el proceso de los más avanzados, así como de las graves distorsiones y problemas que ha causado la incorporación de modelos extraídos

de sociedades industrializadas. Es pues importante definir el estilo de desarrollo que deseamos, tomando en cuenta las características del país (culturales, económicas y sociales), dentro del marco del desarrollo autónomo y de la participación activa de la población.

Un estilo de desarrollo propio requiere de una base técnica propia. Esto es casi una tautología. Sin embargo, es pertinente algún abundamiento en lo referente al problema de empleo. Se habla mucho de substituir capital por mano de obra, desarrollando tecnologías "apropiadas". Esto está bien en principio, pero lo lamentable es el abuso a que ha sido sometido el término, sirviendo para desarrollar tecnologías simplemente de baja calidad, cuando no definitivamente antieconómicas. El catálogo de prototipos de equipo electrónico sencillo, calentadores solares, métodos para extraer proteína o sustancias activas de algún producto agrícola exótico, desarrollados en duplicado, triplicado y n-plicado en diversos centros de investigación, que no resisten el más mínimo análisis económico y de mercado, es abundante. Es necesario mantener en mente que, para que una tecnología sea verdaderamente "apropiada", debe ser "apropiada" a las condiciones económicas y productivas del país⁽⁷⁾.

Por otro lado, la substitución de capital por mano de obra dista mucho de ser fácil. Las máquinas, desgraciadamente, producen no sólo más rápido, sino que a menudo con mejor calidad⁽⁸⁾. Un paquete tecnológico consta de tecnología de proceso, de operación, de equipo,... y de producto. A veces nos centramos en el diseño de procesos económicos, y nos olvidamos de la calidad del producto. Para diseñar tecnologías intensivas en mano de obra también se necesita una capacidad en diseño de bienes de capital⁽⁹⁾, de la que carecemos agudamente. Esto no significa que la batalla esté perdida, sino que, en lugar de caer en mitificaciones roussonianas, debemos calmadamente entender que la producción agrícola e industrial mexicana debe adecuarse a su propia estructura de costos, la cual es diferente a la de los países industrializados. La absorción y adaptación de tecnologías foráneas requiere de la presencia de la creatividad y la innovación como un valor permanente en el sector productivo.

Dentro del marco del estilo de desarrollo, cabe también destacar que el progreso económico de un país guarda una estrecha relación con

la capacidad de ajuste institucional del mismo frente al cambio tecnológico. Una sólida actividad creativa genera incontables innovaciones laterales, y flujos de personal calificado entre distintas instituciones, que obligan a una permanente adecuación de la organización, que parece estar estrechamente asociada con la posibilidad de innovación y evolución de las sociedades modernas⁽¹⁰⁾.

c) *Causas geopolíticas y estratégicas*

La autonomía tecnológica está asociada con la posibilidad de afirmar la soberanía nacional. Para ilustrar el concepto en su forma extrema, resulta interesante analizar una conferencia presentada por Lynaldo Cavalcanti, Presidente del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Brasil, a los alumnos de la Escuela Superior de Guerra de ese país, en 1981.

Su capítulo 4.4 se llama "Ciencia y Tecnología y las Expresiones del Poder Nacional", y en él se da una detallada explicación acerca de la interacción entre la tecnología y las expresiones económica, psicosocial, militar y política del poder, entendido este último como "la expresión integrada de los medios de todo orden de que dispone una nación, accionada por la voluntad nacional, para alcanzar y mantener interna y externamente, los objetivos nacionales". No haremos comentarios.

Si en lugar de poder —un concepto algo crudo— pensamos en soberanía, podemos afirmar que la situación internacional es cada vez más áspera y conflictiva, y que las presiones que se aplican son claramente categorizables en cinco tipos: I) presión militar; II) presión financiera; III) energéticos; IV) alimentos; V) tecnología y bienes de capital. El país cuenta hoy con una carta fuerte: los energéticos. Sin embargo, estamos aprendiendo que no basta con una carta fuerte, y las otras débiles, sobre todo en una época de recesión mundial como la que se está viviendo. Es obvio que en muchos países industrializados ha sido la consideración geopolítica —más claramente la militar— la que ha constituido el motor central del desarrollo tecnológico. Si bien ésta no ha sido, y esperamos que nunca sea una motivación en el caso de México, no podemos olvidar que el país está insertándose en el contexto internacional de una forma cada

vez más relevante, y que el esgrimir la carta petrolera como la única carta fuerte conducirá, en el largo plazo, al estrangulamiento de sus posibilidades de negociación estratégica. De ahí, la necesidad imperiosa de incrementar el margen de autonomía, en el terreno financiero, alimentario y tecnológico. Es interesante hacer notar que los países europeos tuvieron, del 60 al 75, un giro en sus políticas científicas y tecnológicas, reorientándose fundamentalmente hacia objetivos de calidad de la vida y preservación ecológica. Pero sin embargo, del 75 en adelante se vuelve a observar un giro radical, enfatizándose nuevamente la competitividad industrial, como fruto de la recesión mundial, y como "una reacción a las alteraciones en la división internacional del trabajo, resultado del lanzamiento exitoso por parte de diversos países subdesarrollados de la producción de manufacturas tradicionalmente elaboradas en países industriales"⁽¹¹⁾.

El dilema de desarrollar o no tecnología sigue líneas paralelas al dilema de autonomía vs. satelización del país. En la dicotomía cotidiana que mencionamos anteriormente, surgen actitudes de sectores de la sociedad mexicana que, en lugar de tener un proyecto histórico autónomo, conciben el país como un satélite económico, político y cultural de E.E.U.U., en donde el sector productivo debe ocupar nichos complementarios y subordinados a la estructura económica norteamericana. Por el contrario, si buscamos un proyecto autónomo para el país, éste pasa de una manera ineludible por la autonomía tecnológica.

Para resumir este capítulo, digamos que no podremos aspirar a un desarrollo tecnológico autónomo, ni a cambiar la actitud del sector productivo público y privado, en base a argumentos falsos. El ahorro de divisas es en el corto plazo un argumento falso, y también lo es el discurso sobreideologizado, según el cual debemos autodeterminarnos por un asunto de dignidad nacional. Debemos ser capaces de convencer al sector empresarial de que la tecnología es un buen negocio —pero de largo plazo— y convencernos de que, a nivel nacional, la tecnología es también un buen negocio estratégico... en el largo plazo.

2. LOS REQUISITOS PREVIOS DEL DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO

El desarrollo científico-técnico no se da en el vacío. Está inmerso en el conjunto de la sociedad, no solamente en su superestructura, y esta sociedad debe cumplir con ciertos requisitos previos para poder avanzar por esta senda. De antemano, diremos que la sociedad no cumple con todos estos requisitos ahora, y que el cumplimiento de los mismos es en cierta medida una consecuencia de la evolución tecnológica. Sin embargo, tomando en cuenta que la relación causal no es totalmente clara, los mencionaremos para enfatizar que no basta entender por qué queremos desarrollo tecnológico, sino que éste deberá evolucionar en paralelo con importantes cambios del conjunto de la sociedad.

a) Decisión política

El desarrollo científico-técnico requiere de la decisión política al máximo nivel, decisión que debe abarcar al conjunto del aparato estatal.

No basta alojar la política científica y tecnológica en un organismo de fomento, por poderoso que éste sea, sino que es necesario que la totalidad de las dependencias gubernamentales (y en particular las empresas estatales) conviertan el asunto tecnológico en una variable central, digna de su atención⁽¹²⁾. En la medida que se continúe concibiendo el desarrollo del país como una cuestión puramente económica y la variable tecnológica como subordinada, no podemos avanzar. El desarrollo, en lugar de perseguir el objetivo de industrializar el país, debe pasar a convertirse en una política de modernización, democratización, tecnificación y evolución institucional del mismo, pues hemos observado muchos ejemplos, ajenos y en carne propia, de que el mero crecimiento del Producto Interno Bruto no es garantía de redistribución, ni de estabilidad, ni de crecimiento en el nivel de vida.

Debemos destacar que, desde el punto de vista de la decisión política, se han producido recientemente hechos alentadores. Es sorprendente el número de organismos gubernamentales que, en los últimos cuatro años, y en particular a partir del cambio de gobierno, han creado instru-

mentos de fomento tecnológico u oficinas de alto rango encargadas de promover su desarrollo. Asimismo, es notable el número de altos funcionarios recientemente designados, que han tenido en su trayectoria estrechas ligas con el sector académico y de investigación. Todavía es prematuro indicar los resultados de este fenómeno, pero es indudable que refleja un aumento en la conciencia política del conjunto del gobierno respecto a este problema.

b) Estabilidad de las normas económicas

En todos los países industrializados, más del 50% del esfuerzo científico-técnico se hace al interior del sector productivo, y es la única manera posible. Los paquetes tecnológicos deben estar adaptados a las condiciones de mercado, a las de la planta productiva y a la estructura de costos de una empresa dada, y esto sólo puede lograrse con la participación activa del personal de la misma dentro del proceso de desarrollo tecnológico. Esto significa que se debe inducir a las empresas a asumir una cuota importante de riesgos y gastos, dentro de un horizonte de planificación de mediano y largo plazo. Cuando la preocupación del empresario es de corto plazo, por modificaciones drásticas en la paridad cambiaria, los aranceles, las tasas de interés y la estructura impositiva, la variable tecnológica pasa automáticamente a segundo o tercer plano, y es substituida por consideraciones estrictamente financieras, especulativas y de corto plazo. En particular, debemos tener en cuenta la necesidad de evitar el atraso cambiario, es decir, el progresivo deterioro del valor real de las divisas, seguido —invariablemente— por un reajuste radical que trae consigo graves trastornos en la vida económica nacional.

El desarrollo tecnológico, más que requerir recursos económicos muy grandes, necesita un cambio de mentalidad de lo cuantitativo a lo cualitativo. No se requiere de tasas de crecimiento del 8% anual, sino, en la medida en que lo permita la condición inherentemente inestable del subdesarrollo, de un horizonte de planeación relativamente estable de varios años, de un monitoreo permanente del entorno financiero y tecnológico internacional, del cambio de actitud del sector productivo frente al problema y de una mayor humildad del sector gubernamental, que generalmente ope-

ra bajo la hipótesis que los giros drásticos de la política industrial y financiera harán reaccionar al aparato productivo en plazos de semanas o meses.

c) *Valor cultural y popular*

La ciencia y la tecnología, en los países subdesarrollados, han sido históricamente del dominio de una elite, sin mayor trascendencia para el conjunto de la sociedad. Para emprender la ruta del desarrollo autónomo, es necesario intentar que la decisión política de máximo nivel a la que nos referíamos anteriormente se transforme en un valor cultural y popular para el conjunto de la sociedad. La actitud creativa e innovadora debe estar presente cotidianamente en los empresarios, los técnicos, los obreros, los campesinos y los funcionarios gubernamentales. Es necesario transmitir el concepto de que la actitud innovadora es premiada, de que es un valor positivo a todo nivel.

Esta tarea no es fácil, pues las raíces culturales son hondas y antiguas. Octavio Paz, en su Laberinto de la Soledad, se refiere a la sociedad colonial así: "España no inventa ya, ni descubre: se extiende, se defiende, se recrea. No quiere cambiar, sino durar... El mundo colonial era proyección de una sociedad que había ya alcanzado su madurez y estabilidad en Europa. Su originalidad es escasa. Nueva España no busca, ni inventa: aplica y adapta. Todas sus creaciones, incluso las de su propio ser, son reflejos de las españolas". Y al hablar de la Independencia —en comentarios perfectamente extensibles al resto de América Latina— dice: "...una vez consumada la Independencia las clases dirigentes se consolidan como los herederos del viejo orden español. Rompen con España pero se muestran incapaces de crear una sociedad moderna. No podía ser de otro modo, ya que los grupos que encabezaron el movimiento no constituían nuevas fuerzas sociales, sino la prolongación del sistema feudal".

Son, pues, siglos de cultura con poca orientación innovadora, y la ruptura de este patrón pasa por profundas transformaciones educativas, que escapan con mucho al alcance de este artículo. Limitémonos a mantener en mente que un auténtico proceso de despegue científico-técnico sólo puede correr en paralelo con modificaciones culturales substanciales, que

deben estar en el meollo de una política de ciencia y tecnología efectiva, en la que la creatividad y la innovación deben pasar a formar parte integral del ideario político y de la práctica económica y social del gobierno.

d) *Proyecto nacionalista y democrático*

América Latina en su conjunto se debate entre autoritarismo y democracia, y en un dilema no estrictamente paralelo, también se debate entre independencia y satelización. Hasta hace pocos años, —y todavía hoy en algunos sectores retardatarios— el concepto de desarrollo se entiende como el crecimiento del Producto Interno Bruto, el cual acarrearía redistribución, modernización, y como un subproducto inesperado pero atractivo, la democratización y la independencia. No podemos decir que los resultados hayan sido felices, y hoy hablamos, necesariamente, de una "nueva estrategia de desarrollo", que surge de nuestra profunda insatisfacción con la distribución del ingreso, la cobertura de necesidades básicas, el derroche financiero, la explotación desmedida de la naturaleza, la transgresión a los derechos humanos y la falta de participación política⁽¹³⁾.

El desarrollo tecnológico autónomo es parte integral de un proyecto autónomo de desarrollo, de carácter nacionalista y no satelizado. Esto, nuevamente, no requiere de mayores explicaciones, excepto las que damos al hablar de las motivaciones del despegue tecnológico.

Aparte de nacionalismo, hablemos también de democracia, y formulemos esta pregunta: ¿existirá alguna relación entre el grado de democratización de un país y su nivel de desarrollo tecnológico? Sospechamos que sí, en el largo plazo. Indudablemente, una sociedad autoritaria puede decretar —como en Brasil o en Corea— un esfuerzo drástico de industrialización, y de gasto en ciencia y tecnología. Y de pronto los milagros brasileño y coreano comienzan a tambalearse, en medio de la recesión mundial y su propia crisis interna. Creemos, en el largo plazo, que el desarrollo tecnológico puede lograrse en mejor forma cuando la innovatividad y la creatividad se convierten en una práctica cotidiana para el conjunto de los miembros de la sociedad. Esto requiere de un esquema políti-

co democrático, que acepte con facilidad la disensión, y sobre todo, de un sistema descentralizado de toma de decisiones.

El cambio de actitud frente a la ciencia y la tecnología acarreará necesariamente la aparición de actitudes críticas y contestatarias en el conjunto de la sociedad, y el sistema debe contar con la suficiente flexibilidad como para aceptarlas y absorberlas positivamente.

3. PLANEACION CIENTIFICA Y SUBDESARROLLO

Supongamos por un momento que hemos alcanzado la lucidez respecto al porqué: estamos claros de que es del interés pleno de la nación emprender la ruta del desarrollo autónomo. Adicionalmente, supongamos que los requisitos necesarios para emprender esta ruta comienzan a esbozarse: decisión política, un mínimo de estabilidad en las normas económicas, se sientan algunas bases para que la innovación se convierta en un valor cultural y popular, y el país apunta hacia un proyecto nacionalista y democrático, en la búsqueda de una sociedad que le cede al individuo una gran autonomía en su toma cotidiana de decisiones y lo recompensa por su actitud innovadora.

La siguiente pregunta es: ¿cómo diseñamos una estrategia de desarrollo científico y tecnológico que corra en paralelo, y se engrane, con estos procesos de modernización política, económica y social, aportando los conocimientos técnicos y recibiendo los beneficios de esta modernización?

Una política de desarrollo científico-técnico, o más bien cualquier política de desarrollo, tiene dos vertientes. La de planeación de prioridades y objetivos fundamentales, y el diseño de instrumentos (explícitos e implícitos) para lograr estos objetivos. Y a veces nos olvidamos de esto. "...En una palabra, aún cuando las políticas tecnológicas están "in" (como ha sido el caso en muchos países de América Latina), las estrategias tecnológicas están definitivamente "out". Esto a su vez explica la decepción de muchos países subdesarrollados, con los escasos resultados prácticos de sus políticas científicas y tecnológicas. Ellas son a veces claramente formuladas, pero no hay ninguna implementación poste-

rior"⁽¹⁴⁾.

En este artículo no nos referiremos al tema de los instrumentos de política científica y tecnológica, que ya se han mencionado en otras publicaciones⁽¹⁵⁾. Nos limitaremos a resaltar la importancia que tiene el diseño de incentivos financieros, la política estatal de compra de bienes y servicios, el adecuado manejo de la información técnica, la consolidación de una infraestructura bien articulada, que llene los huecos que hay en la cadena que va del productor al usuario de conocimientos; y a nivel de los instrumentos comúnmente llamados "implícitos", el adecuado manejo de una política cambiaria y arancelaria. Hecha esta mención, pasaremos a tocar el tema, algo vapuleado, de la planificación de la ciencia y la tecnología.

Partiremos, por insistir en algo ya dicho en otra ocasión⁽⁷⁾, diciendo cómo no se debe hacer planificación:

- Planificación no es señalar aspiraciones inalcanzables.
- Planificación no es tomar decisiones a nombre de instituciones que no están obligadas a respetarlas (por ejemplo el sector privado y las universidades).
- Planificación tampoco es identificar metas con una precisión exagerada.
- Y tampoco es identificar metas tan generales ni tan vagas que sean inservibles.

En segundo lugar, tomaremos en cuenta que vamos a realizar la planificación en un contexto de país subdesarrollado, y en consecuencia, trataremos de describir algunas características del subdesarrollo pertinentes a esta reflexión. Samir Amin⁽¹⁶⁾, en una descripción estrictamente económica del fenómeno, dice que éste se caracteriza por:

- 1) Desigualdades sectoriales de productividad. En América Latina, la productividad —y el ingreso— del obrero industrial es de 5.7 veces mayor que la del campesino. En U.S.A., ésta es de 2.6 veces mayor; y en Gran Bretaña es prácticamente idéntica.
- 2) Otra característica es la desarticulación, entendida como la falta de intercambio entre diversos sectores de la economía⁽¹⁷⁾. Esto acarrea graves problemas, pues el progreso requiere de múltiples efectos convergentes y de arrastre entre distintas ramas de la producción.

- 3) Dominación económica exterior. Al estar desarticulada la economía, el comercio de los países periféricos está mucho más orientado hacia las economías centrales; en cambio las economías centrales hacen sus intercambios básicamente entre ellas, con la consiguiente desigualdad en la fuerza comercial de unos y otros.

A su vez, Joseph Hodara⁽¹⁸⁾ hace otra definición, a decir verdad un poco más críptica, en tres elementos:

- 1) Vulnerabilidad estratégica, expresada como dependencia del exterior, escasa capacidad para responder a amenazas y oportunidades, escasa información, y poco espacio para maniobrar al interior del país.
- 2) Incoherencia societal, entendida como la severa discontinuidad y heterogeneidad física, social, psicológica y económica en la estructura nacional.
- 3) Formulación no integradora de políticas, es decir, un estado de perpetua desorganización y reorganización, rupturas y saltos arbitrarios en el proceso gubernamental de toma de decisiones.

Con estas dos descripciones, no quisiéramos dejar la impresión de que el subdesarrollo es un fenómeno puramente endógeno. Buena parte de su explicación está en una lógica mundial, en el hecho de que existen intereses, fuera y dentro del país, cuya preocupación es precisamente mantener los diferenciales de productividad a que se refiere Amin. Pero ciertamente no podemos esperar a que las relaciones Norte-Sur se arreglen, o a que el capitalismo transnacional se tambalee, antes de dar unos modestos pasos en la dirección correcta. En consecuencia, y habiendo descrito algunas características del subdesarrollo, trataremos de inferir algunos elementos de utilidad para la planeación del desarrollo científico y tecnológico.

En primer lugar, dada la conexión estrecha entre subdesarrollo y dependencia externa —y no nos interesa saber si primero fue el huevo o la gallina—, configurar una política de desarrollo teniendo como marco de referencia la inserción del país en el contexto internacional.

En segundo lugar, en vista de lo que Hodara llama "formulación no integradora de políticas", no subordinar linealmente la planeación de la ciencia y la tecnología a la política económica, sino que engranar am-

bas, y procurar evitar los virajes bruscos y frecuentes, tanto de política económica como científica, entendiendo que los daños ocasionados por la suma de los virajes pueden a la larga cancelar los efectos intrínsecamente positivos de las políticas adoptadas.

En tercer lugar, evitar el cortoplazismo, mediante el cual se generan expectativas frustradas y nada más. No vamos a solucionar la crisis de balanza de pagos en dos o tres años a través del esfuerzo tecnológico.

En cuarto lugar —y no necesariamente en este orden—, formular prioridades orientadas a eliminar las graves heterogeneidades en la productividad sectorial del país, y a articular una economía desarticulada y heterogénea. Esto no se logra formulando políticas tecnológicas para la sustitución de importaciones, o para la producción de bienes de consumo, o para la producción de bienes de capital, o para la pequeña y mediana industria, o para el sector público, sino para la integración vertical y horizontal —desde una dimensión tecnológica— del aparato productivo.

En una primera etapa, y dado que el sistema de ciencia y tecnología es pequeño y heterogéneo, la planificación implica, simplemente, tratar de superar los retrasos y carencias de infraestructura más evidentes, procurar un crecimiento rápido y balanceado, y apuntar una cierta prioridad hacia áreas como alimentación, energía y bienes de capital.

Para pasar a etapas más consolidadas —y creemos que el momento ya está llegando—, es necesario concebir el concepto de frente tecnológico-productivo⁽¹⁹⁾. ¿Debemos avanzar en todas las áreas de la ciencia y de la técnica, o escoger cuidadosamente algunos proyectos estratégicos? Obviamente, por un problema de recursos, debemos tomar la segunda, por cierto que dolorosa opción. ¿Y cuál es la dimensión de este o estos proyectos estratégicos? ¿Cuán amplios deben ser? Vamos a ilustrar esta pregunta con algunos ejemplos: el proyecto podría ser la producción de variedades de gramíneas capaces de fijar nitrógeno; o podría ser el desarrollo de una amplia capacidad tecnológica para producir variedades mejoradas de todo tipo de vegetales; o podría ser la modernización de la totalidad del aparato productivo agropecuario.

Otro ejemplo para ilustrar la duda: podemos desarrollar fibras

ópticas o una amplia gama de tecnología para las telecomunicaciones, incluyendo la modulación y demodulación de las señales que serán transmitidas a través de estas fibras; o podemos desarrollar una industria moderna y competitiva internacionalmente de electrónica y telecomunicaciones.

Un tercer ejemplo: podemos desarrollar el cultivo de especies marinas en lagunas costeras; o podemos desarrollar una industria pesquera y de comercialización de productos del mar; o podemos crear una amplia industria naval y marina, orientada no sólo a los recursos pesqueros, sino a la explotación integral del océano.

En los tres ejemplos hemos proporcionado tres niveles de lo que podría ser un proyecto estratégico. Afirmamos rotundamente que el único nivel posible y viable es el último. Si desarrollamos variedades de gramíneas capaces de fijar nitrógeno y no contamos con un aparato agropecuario moderno, las nuevas semillas terminarán explotándose en otras partes del mundo. Esto ya ha ocurrido, y volverá a ocurrir. Las fibras ópticas, sin los sistemas asociados de rayos láser, sin los sistemas de cómputo y de conmutación de señales, no servirán absolutamente para nada. Y los ostiones cultivados en lagunas costeras terminarán pudriéndose por falta de una sólida red de refrigeración, distribución y exportación, eso sin contar con que además, por falta de una adecuada perspectiva oceanográfica, terminaríamos dañando irreversiblemente la ecología de las lagunas.

En síntesis, un frente tecnológico-productivo debe ser concebido como un frente amplio e integral, en el cual existan los recursos humanos capaces de desarrollar, no sólo la tecnología de base, sino que también la ingeniería básica y de detalle, las formas de comercialización, la manufactura de equipos, y en el cual exista la suficiente derrama lateral de conocimientos como para que exista una fertilización cruzada entre distintas especialidades afines. Si el país asume con seriedad el desafío de lograr la competitividad internacional en un determinado frente, deberá también asumir que se verá enfrentado a una dura competencia internacional, y en consecuencia, no podrá dejar que algunos de los insumos estratégicos de ese frente queden totalmente en manos de fuentes foráneas. Existen numerosos ejemplos históricos en que, al asumir México una posición agresiva en el mercado internacional, se le suspende el abastecimien-

to de un insumo básico. El caso del plomo tetraetilo en 1938 está aún fresco en la memoria de los ingenieros petroleros. No queremos decir que se debe buscar la autarquía en ese frente, pero sí que éste debe ser concebido en forma integral, y que se debe tener control total sobre los insumos críticos del mismo. De la misma manera en que a nivel microeconómico, los paquetes tecnológicos deben estar perfectamente integrados en sus insumos críticos, a nivel macroeconómico, los frentes tecnológico-productivos deben ser, si no autárquicos, por lo menos autosuficientes en la mayoría de sus elementos críticos.

Una vez definido el concepto de frente tecnológico-productivo, como la unidad mínima sobre la cual debemos tomar decisiones estratégicas en materia de desarrollo tecnológico y productivo, debemos preguntarnos cuál es el "menú" de opciones, es decir, cuántos y cuáles son aquellos frentes a los que debemos dirigir nuestro esfuerzo de análisis.

En la práctica, y a reserva de mayor refinamiento y detalle, postularemos que estos frentes son once, los que pueden verse en la Fig. 2. Puede notarse que no corresponden a las agrupaciones económicas convencionales (alimentos, energéticos, bienes intermedios, etc.) y que existe un importante grado de interrelación entre algunos⁽²⁰⁾. Su número es reducido, pues en el fondo, así de reducidas son las opciones estratégicas de este o cualquier país. El problema, arduo y complejo, estriba en decidir hasta qué nivel de desarrollo queremos llegar en cada uno de ellos.

Para responder a esta pregunta es necesario retomar nuestra primera premisa de planificación, es decir, utilizar como marco de referencia la inserción del país en el contexto internacional, y sugerimos en consecuencia cuatro niveles de análisis:

- I. Rezago internacional. Caracterizado por un nivel inferior al de países con un grado de desarrollo económico similar; importación casi total de tecnología y servicios; producción orientada básicamente a consumo interno y balanza comercial deficitaria en ese frente; control tecnológico y administrativo de empresas extranjeras; e importación masiva de bienes intermedios y bienes de capital para el sector.
- II. Competencia intermedia. Nivel similar al de países comúnmente llamados "semindustrializados" (Brasil, Corea, España, Portugal, etc.) ,

balanza comercial del sector equilibrada, no así la balanza de pagos tecnológicos; exportación de servicios de ingeniería pero no de tecnología; presencia importante pero no total de inversiones extranjeras.

- III. Competencia internacional. Nivel similar al de la mayoría de los países industrializados; balanza de pagos tecnológicos equilibrada; fuerte actividad exportadora de productos y tecnología, por ejemplo, Francia, R.D.A.
- IV. Liderazgo internacional. Competencia con los dos o tres países más desarrollados del mundo en el sector. Suecia en acero, U.S.A. en computación, etc.

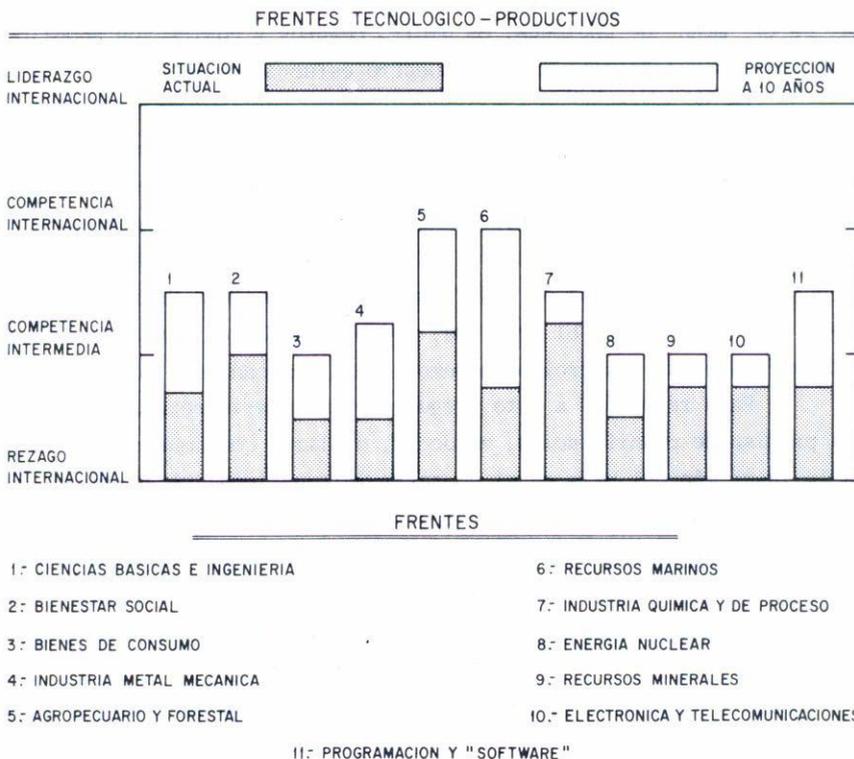


Fig. 2 Frentes tecnológico-productivos.

Dentro de este marco conceptual, habiendo definido los frentes, y sus posibles niveles de desarrollo, resta pues la gran tarea de realizar el diagnóstico de la posición actual, y de definir dónde queremos llegar en, por ejemplo, una década. La definición precisa de estos frentes escapa a una persona, el diagnóstico de la posición actual también, y mucho más la definición de dónde queremos llegar en, por ejemplo, diez años.

La Fig. 2 muestra un ejemplo hipotético —con fines de ilustración— del nivel actual, y el nivel a que deberíamos aspirar a futuro. Este dependerá de las amenazas y oportunidades que afronte el país en cada frente, la viabilidad real de crecer en cada uno de ellos, y por sobre todo, y esta es la parte medular, del tipo de país que queremos.

4. REFLEXIONES FINALES

El título de este artículo es: "Ciencia y tecnología: por qué, a partir de qué y en qué dirección".

En términos del porqué, hemos enfatizado la importancia de convencer, a funcionarios y también a empresarios, de que la tecnología es un buen negocio económico y estratégico, pero de largo plazo, y que las principales razones se basan en la competitividad internacional, el diseño de un estilo propio de desarrollo, y la adecuada inserción en un contexto internacional peligroso y cambiante.

Cuando nos preguntamos a partir de qué, la respuesta es la necesidad de engranar el desarrollo científico técnico con la evolución política, económica y social del país. Esto implica contar con la más amplia decisión política del conjunto del aparato estatal; procurar, si no un crecimiento, un mínimo de reglas de juego estables para la economía; convertir la innovación en un valor cultural y popular; e insertarla en un proyecto nacionalista y democrático de desarrollo.

Cuando nos referimos al cómo, éste tiene las vertientes de la planeación y de los instrumentos. Estos últimos no fueron explícitamente tratados, y tan sólo señalamos algunos, por ejemplo, los incentivos financieros y el manejo del poder adquisitivo gubernamental, como elementos indispensables para lograr que el sector productivo asuma una cuota signifi-

cativamente mayor del riesgo y los gastos del desarrollo tecnológico.

Al hablar de planeación hemos insistido en la importancia de evitar el "cortoplazismo" y los virajes innecesarios —y arrogantes— y formular prioridades orientadas fundamentalmente a eliminar heterogeneidades y articular una economía extraordinariamente poco equilibrada. Para ello, explicamos la necesidad de definir un conjunto reducido de frentes tecnológico-productivos, que tengan coherencia interna, precisar el nivel de desarrollo actual de cada uno de ellos en un marco de referencia internacional, y tomar la no poco dolorosa decisión de definir cuánto queremos avanzar en cada uno de ellos.

Si bien dijimos que trasciende con mucho a una persona el definir adonde estamos hoy, y cuánto debemos avanzar en cada frente, deseamos asentar la importancia de estructurar una filosofía de planificación en estos términos, es decir, definiendo frentes con una gran coherencia tecnológico-productiva interna y analizándolos en función de parámetros internacionales; al mismo tiempo, indicar que los elementos básicos para la toma de decisiones se basan en la eliminación de la heterogeneidad estructural del aparato productivo, la gestación de un núcleo de creatividad que derrame al conjunto del país, el análisis de las oportunidades —y sobre todas las amenazas— del entorno internacional, y en definitiva, la reformulación del modelo de desarrollo y acumulación.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a diversas personas, en particular a Arturo Castaños, Jaime Estevez, Gladys Faba y Gabriel Vidart, por sus comentarios y críticas constructivas. La responsabilidad es únicamente del autor.

REFERENCIAS

1. Es conveniente citar el ya famoso estudio de Enos (The Rate and Direction of Inventive Activity, Princeton University Press, 1962), el cual analizó 46 innovaciones, descubriendo un plazo promedio de 13.6 años entre invención y aplicación industrial... en un país ya industrializado.

2. Sobre este tema, se sugiere consultar los trabajos de D.D. James, C. Vaitos y J. Katz.
3. D.D. James.- La conveniencia económica de fortalecer la investigación propia en los países menos desarrollados, en Progreso Tecnológico en América Latina, de J.H. Street y D.D. James, EDAMEX (1982).
4. Ver C.A. Tisdell, Science and Technology Policy, Cambridge University Press, 1981, Cap. 2.
5. Sobre este punto, cabe preguntarse hasta dónde es sabia la decisión de muchos países subdesarrollados de incurrir en fuertes inversiones en, por ejemplo, grandes plantas siderúrgicas o fábricas de maquinaria tradicional sin control numérico.
6. Indira Gandhi.- Nat. Committe on Env. Planning and Coord., Delhi, 1972.
7. M. Waissbluth e Ignacio Gutiérrez, Ciencia y Desarrollo, No. 45 (1982) 190.
8. S.A. Morley y C.W. Smith, "Adaptación de Firmas Extranjeras a la Abundancia de Mano de Obra en Brasil", en Progreso Tecnológico en América Latina, de J.H. Street y D.D. James, EDAMEX (1982).
9. N. Rosenberg, Tecnología y Economía, Cap. 8, Edit. G. Gili, Barcelona (1979).
10. Se sugiere, sobre este tema, los trabajos de Ayres, Kuznets y Street.
11. Ver Ref. 4, cap. 6.
12. Sugerimos todos los trabajos de Maximo Halty-Carrere sobre este tema.
13. E. Faletto, "Estilos Alternativos de Desarrollo y Opciones Políticas. Papel del Movimiento Popular", en América Latina: Desarrollo y Perspectivas Democráticas, FLACSO, Costa Rica (1982).
14. M. Halty-Carrere, "Appropriate Strategies", Mazingira, 8 (1979) p. 42.
15. Sobre este tema, sugerimos la Ref. 7, los trabajos de F. Sagasti y el libro de A. Nadal: Instrumentos de Política Científica y Tecnológica en México, El Colegio de México (1977).
16. S. Amin, La Acumulación a Escala Mundial. Crítica de la Teoría del Subdesarrollo, Siglo XXI, México (1974).
17. En jerga económica, se diría que la matriz insumo-producto tiene muchos huecos con valores nulos o despreciables.
18. J. Hodara, en "Simposio de la Ciencia y la Tecnología en la Planeación del Desarrollo", CONACYT, México (1981).
19. Tomaremos aquí prestados algunos conceptos de Enrique Canales, desarrollados a nivel microeconómico, y los extrapolamos al macro.
20. En un ejercicio de planeación usando este concepto de frentes, resultaría sumamente provechoso dibujar una "matriz insumo-producto de conocimientos", que nos permitiera entender por qué algunos frentes son indispensables para el desarrollo armónico de la totalidad del sistema.

UNA EXPERIENCIA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

A. Cornejo Rodríguez

INTRODUCCION

A continuación, y a diferencia de las dos exposiciones previas de los Drs. Luis de la Peña y Mario Waissbluth, en que se hicieron consideraciones generales sobre la ciencia y la tecnología en nuestro país, me voy a permitir hacer referencia a una experiencia concreta que se tuvo en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). La exposición se va a referir al desarrollo y estado actuales del proyecto de desarrollo tecnológico de ópticas para microscopio. A grandes rasgos se hará referencia a los aspectos siguientes: antecedentes del proyecto; estudio de mercadotecnia; planeación sobre los diseños de las partes y construcción de prototipos; producción semi-industrial; problemática general y situación actual; conclusiones.

ANTECEDENTES

Como primeros pasos en el trabajo sobre ópticas de microscopio se puede mencionar la participación en los comités de normalización de este tipo de ópticas que controlaba la Secretaría de Comercio. En base a estas reuniones, se conocieron las regulaciones internacionales sobre estos instrumentos, así como a los grupos industriales que de una forma u otra vendían, ensamblaban o semiproducían microscopios en México.

Con el objeto de poder conocer más de cerca la problemática de los diferentes grupos, además de continuar con la participación en las reuniones arriba mencionadas, se hizo un muestreo de la calidad óptica de objetivos de microscopio provenientes de diferentes países. Las pruebas fueron más cualitativas que cuantitativas pero permitieron, en un momento dado, demostrar la capacidad que en estos aspectos de control de calidad poseía el INAOE.

ESTUDIO DE MERCADOTECNIA

Con el transcurso del tiempo, una de las compañías mostró mayor interés en abrir las posibilidades para que se produjeran algunas componentes ópticas, considerando que por lo menos un 50% de las partes mecánicas ellos ya las construían en el país. Tomando en cuenta que también en el INAOE existía una corriente favorable para trabajar en esta dirección, y con la finalidad de poder llevar a cabo un proyecto a largo plazo y sin improvisaciones, se solicitó y se obtuvo ayuda del CONACYT para realizar un estudio de mercadotecnia, entre otras cosas.

El resultado final de dicho estudio fue que existían posibilidades para una producción tipo industrial de ópticas de microscopio, sobre todo del tipo escolar. Aquí es conveniente mencionar que a lo largo de todas estas primeras etapas el M. en C. Oswaldo Harris siempre estuvo al frente del proyecto —que poco a poco iba tomando forma— y después siempre fungió como responsable.

PLANEACION SOBRE LOS DISEÑOS, CONSTRUCCION DE LAS COMPONENTES
OPTICAS PARA PROTOTIPOS, Y PRODUCCION

A fines de 1974, el grupo de Optica del INAOE se organizó para darle mayor solidez al proyecto, al mismo tiempo que solicitó ayuda económica al CONACYT tanto para el estudio de mercadotecnia como para ampliar las instalaciones de los talleres óptico y mecánico.

En la organización y trabajos a realizar en el proyecto, se puede decir que participaron todos los miembros del grupo de Optica, que en ese entonces constaba de tres doctores, cinco maestros en ciencias, un ingeniero, un técnico de alto nivel en el tallado de superficies ópticas, dos técnicos más en el Taller de Optica y los estudiantes de maestría.

Los aspectos técnicos que se decidieron estudiar fueron los siguientes: diseño, tallado y pulido, alineación y montaje, pruebas, y recubrimientos con capas delgadas de las componentes ópticas. Con respecto al diseño, y contando con la colaboración de un estudiante de maestría⁽¹⁾, que realizó su tesis sobre este tema, se completaron los diseños de objetivos de microscopio de 4X, 6.3X, 10X, 25X y 40X; así como oculares tipo

Huygens de 6.3X, 10X, 16X y tipo Kellner de 10X. Cabe aclarar que aunque no se iban a construir todos los tipos mencionados, se optó por tener diseños de donde escoger. Posteriormente, se agregaron los diseños de las lentes condensadoras de iluminación, prismas para las cabezas de los microscopios, etc. En el área de tallado y pulido se analizaron las conveniencias y los inconvenientes en realizar el trepanado de bloques de vidrio, o en el uso de vidrio moldeado para las componentes; también se tomó en consideración la maquinaria necesaria para cubrir las etapas de generado, esmerilado y pulido, así como los materiales que se podrían utilizar y el personal necesario que cubriera las diferentes actividades en el proceso de construcción.

Para las pruebas de las ópticas se diseñaron algunos instrumentos, tanto para realizar pruebas durante su construcción como al final, cuando las componentes ya están ensambladas. Con el objeto de producir las placas patrón o de referencia, que se usan para pruebas de control de calidad durante el proceso en las líneas de producción, se construyó una versión moderna de un interferómetro de Twyman-Green.

En la determinación de los ejes ópticos de las lentes, así como su redondeo, alineación y montaje, junto a los métodos tradicionales se intentaron nuevas técnicas y algunas de ellas constituyeron parte de la tesis de otro estudiante de maestría^(2,3). Igualmente se realizaron los diseños por computadora y experimentos para el recubrimiento, con capas delgadas, de las componentes ópticas y se diseñaron también los tipos de monturas requeridas para el depósito de capas delgadas para un número grande de superficies.

Muchas de las actividades mencionadas se empezaron a partir de 1975 y se continuaron en los años posteriores hasta 1978, en que realmente quedaron implantadas las "líneas de producción", una vez que se terminó la etapa de la construcción de los prototipos. Históricamente es así como en el mes de marzo de 1977 se presenta una tabla de lo logrado y planes para el futuro. En forma resumida se mencionará que en lo referente a oculares ya se tenían los prototipos de tres de ellos, lo mismo que para una lente condensadora. Además, se planteó que para fines de ese mismo año se tuviera ya algún tipo de producción, así como que se completa-

rían algunos prototipos de otras componentes ópticas. Para llevar a cabo estas etapas, a mediados de 1977 se solicitó la ampliación de la capacidad del Taller Óptico, así como la iniciación del entrenamiento de técnicos que permitiesen aumentar la capacidad de trabajo.

PROBLEMATICA GENERAL DEL PROYECTO

Después de una serie de planteamientos, durante los primeros meses de 1978, sobre si empezaba lo que se podría considerar la producción tipo industrial, en el mes de abril del mismo año se presentó finalmente el primer informe de lo que se denominó "planta industrial". Cabe aclarar, porque no se ha mencionado antes, que al llegar a esta etapa ya existía una petición y aceptación formal de la Cfa. Microscopios, S.A. para adquirir las ópticas que se producirían en el INAOE.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos durante los primeros seis meses de 1978, se amplió la capacidad de producción al integrarse a entrenamiento tres técnicos más y al terminarse de construir otras tres máquinas dentro del mismo instituto. Así también, se entregaron las primeras ópticas construidas.

A pesar de los resultados obtenidos durante 1978 y tomando en cuenta ciertos retrasos en diferentes etapas de la producción que, por otra parte, deben tomarse como naturales en una primera experiencia como la que se estaba desarrollando, al empezar 1979 el personal encargado de la producción constaba de 10 personas más un responsable general (O. Harris), así como el apoyo de tres investigadores. Al mismo tiempo que se continuaba con el proyecto de producción, y considerando los resultados del estudio de mercadotecnia realizado y la disposición de la misma compañía en utilizar otros sistemas y componentes ópticos que se pudieran producir, se realizaron las investigaciones necesarias para llevar a cabo el diseño de ópticas de teodolitos, niveles y lámparas de iluminación para microscopio.

Desafortunadamente, a mediados de 1979 el proyecto empezó a sufrir un retroceso, del que pudo salvarse sólo en forma parcial. Es durante esta misma época que el proyecto pierde a su promotor principal y responsable, ante una serie de críticas infundadas en su mayor parte, combi-

nadas con serios problemas laborales institucionales. Ante el súbito deterioro del proyecto durante 1979, en los meses de agosto-septiembre de ese mismo año, internamente se realiza en el INAOE un estudio para analizar el proyecto y buscar salidas que le permitieran continuar en forma ascendente y ampliar su rango de producción. Una de las principales conclusiones de dicho estudio es que se considerara a la "planta industrial" como un laboratorio de desarrollo tecnológico, lo cual era la idea original del proyecto, y se tuviera simultáneamente más visión a futuro sobre los alcances y repercusiones de seguir impulsando este tipo de actividad.

SITUACION PRESENTE

Al empezar 1980, el proyecto de ópticas de microscopio había reducido drásticamente su personal al contar únicamente con seis personas y dos investigadores de apoyo. Como era natural, el número de componentes que se producían, lo mismo que la variedad de las mismas, se tuvieron que reducir poco a poco.

A la fecha se continúa con la producción de componentes de ópticas de microscopio que son fundamentalmente cinco prismas y cinco lentes condensadoras de diversos tipos; a la mayoría de ellos se les recubre con capas delgadas antirreflectoras o capas de aluminio, y se cementan dos tipos de prismas. Sin hacer alardes o fantasías, las componentes que actualmente se producen poseen buena calidad y la presentación es inobjetable. Un ejemplo de esta situación es que una compañía europea se ha acercado al Instituto para ver qué posibilidades existen de poder suministrarles componentes. Por otra parte, se atienden solicitudes de otras instituciones educativas o de investigación que requieren de componentes ópticas tales como: lentes, espejos, prismas, divisores de haz, etc.

A pesar de la capacidad actual para producir diversos tipos de componentes ópticas, es innegable el hecho de que el freno al desarrollo de todo el proyecto afectó un rápido y efectivo crecimiento en una tecnología que con el tiempo rendiría frutos y que, dada la situación de estos días, se convierte casi en invaluable. Y es aquí donde conviene preguntarnos ¿cuántos proyectos en otras áreas y con características semejantes

han sufrido las mismas vicisitudes y truncamientos?

Es conveniente puntualizar que el vidrio, material básico en la producción de componentes ópticas, se importa en general, incluyendo el de las lentes oftálmicas. Luego entonces, como un resultado adicional del poco desarrollo que tiene o pueda tener el campo de producción de ópticas de instrumentos en nuestro país, es que nunca se generará la necesidad de producir, aunque sean algunos tipos de vidrio, con calidad óptica, que satisfagan requisitos elementales.

CONCLUSIONES

Dada la situación que actualmente guarda el proyecto aquí descrito, es evidente que la semilla sembrada sigue existiendo, y se espera que en un momento dado y bajo circunstancias diferentes puedan darse pasos más adelante y consolidar los que se han dado. Fue posible demostrar que la capacidad del personal científico-tecnológico existente o que puede generarse en nuestro país puede, en un momento dado, ser capaz de dar respuesta a problemas que existen; aunque, claro está, esta actividad no debe ser la única de dicho personal científico-tecnológico, y que en el caso presente se combinó con la docencia y la investigación. Pero desafortunadamente, al mismo tiempo, en nuestro país sigue existiendo una notoria incapacidad en saber evaluar y calificar proyectos de este tipo. Esto último es debido, esencialmente, a la naturaleza de dependencia del extranjero que priva en nuestro país y que ha permanecido durante muchos años como patrón general de comportamiento y desarrollo.

Es necesario, por otra parte, que se empiecen a establecer diferencias entre instrumentación científica e industrial, y en esta forma se promuevan y canalicen correctamente ambas actividades. Mientras en la primera pueden llegarse a construir prototipos o producción en escala reducida, en el caso de instrumentación industrial el proyecto debe continuarse por tiempo indefinido, ya que mejoras en la producción o diseño pueden o deben continuarse, al mismo tiempo que otras áreas cercanas pueden irse buscando y analizando. Necesariamente, la ampliación de actividades implica el aumento de personal, maquinaria y experiencia en inves-

tigación y desarrollo, siendo estas últimas actividades de incalculable valor con el paso del tiempo.

REFERENCIAS

1. D. Tentori Santa Cruz, "Optica de Microscopios, Algunos Diseños y su Evaluación", Tesis de Maestría del INAOE, 1975
2. A. Cordero Dávila, "Análisis de las Técnicas de Centrado de Elementos y Sistemas Opticos", Tesis de Maestría del INAOE, 1978.
3. A. Cordero Dávila, A. Cornejo Rodríguez, O. Harris Muñoz, J. Pedraza Contreras, Rev. Mex. Fis., 27 (1981) 501.