Ciencia, tecnología y políticas al fin del milenio

GABRIEL TORRES VILLASEÑOR

El milenio que se va parece despedirse entre nubarrones de incertidumbre sobre el futuro de la ciencia en México. El último año del milenio se terminó con la amenaza latente de cerrar el lugar en donde se realiza la mitad de la labor científica nacional: los institutos de investigación de la UNAM. Los esfuerzos realizados por cientos de científicos para crear una infraestructura que permitiera crear una tradición científica propia podrían verse frustrados por acontecimientos imprevistos como el paro estudiantil.

La tradición científica en México no va más allá de sesenta años, mientras que en Europa suma al menos cinco siglos. En cuanto al desarrollo de la ciencia en el México prehispánico no será sino dentro de mucho tiempo cuando realmente podamos decir algo con pleno conocimiento de causa. Sin embargo, respecto a la tecnología en la época de la Colonia se conocen algunas manifestaciones vinculadas con la minería (Bartolomé de Medina, 1553), la ingeniería naval (Diego García de Palacio, 1574), la medicina (fray Agustín Farfán, 1557, y Francisco Bravo, 1594, entre otros) y la obra de un tal Pedro Barbet, quien en 1766 diseñó y fabricó una máquina para apagar incendios. Por el momento no hay más datos sobre la tecnología anterior al siglo XX en México.

Durante la presente centuria, después de la reapertura de la Universidad Nacional en 1910, se procuró desarrollar las ciencias. Poco a poco se crearon estudios especializados en química, biología, física e ingeniería. Después surgirían institutos dedicados a la investigación en esos campos y en otros de carácter interdisciplinario como el del estudio de materiales.

Paralelamente, se iniciaron esfuerzos para fundar centros donde se ofreciera preparación tecnológica, como el Instituto Politécnico Nacional, en donde se prefirió impartir estudios de ingeniería en lugar de formar técnicos. Otras instituciones de enseñanza tecnológica se inauguraron progresivamente para satisfacer las necesidades del país en todas las áreas: los tecnológicos regionales, los Conalep, los centros del sistema SEP-Conacyt y recientemente las universidades tecnológicas. Aun así, al cerrar el milenio pocos estudiantes mexicanos prefieren una carrera tecnológica: tan sólo 10.5% del total de la matrícula de educación superior elige la opción tecnológica, mientras que en los 73 institutos tecnológicos industriales diseminados en el país, en los que se supone que el interés se centraría en la formación tecnológica, se registra una fuerte tendencia de los estudiantes a emprender carreras de ciencias sociales y administración.

El gobierno del país, por su parte, creó organismos de apoyo y fomento a la actividad científica y tecnológica a partir de 1935, año en que se fundó el Consejo de Educación Superior y de Investigación Científica. Posteriormente, en 1942, formó la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica y en 1950 inauguró el Instituto Nacional de la Investigación Científica. Tales organismos fueron los antecedentes del actual Conacyt, instituido para reglamentar la contribución económica del Estado a la ciencia. En 1976, el gobierno federal puso en marcha el primer programa destinado a impulsar la ciencia y la tecnología. En 1985, el Poder Legislativo expidió la Ley para Coordinar y Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico, cuyo contenido sustancial se orientó a señalar bases y elementos

para integrar y poner en funcionamiento un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología dentro del Sistema Nacional de Planeación. Dicha norma procuró, fundamentalmente, determinar mecanismos de coordinación dentro de la administración pública federal. En 1989, con el propósito de orientar las aportaciones de la comunidad científica a la planeación del desarrollo nacional, se constituyó el Consejo Consultivo de Ciencias (CCC), formado por profesionales distinguidos con el Premio Nacional de Ciencias y Artes. En 1993, se reformó el Artículo 3° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con la finalidad de precisar el compromiso del Estado para alentar la investigación científica y tecnológica.

El 30 de abril de 1999, el Congreso de la Unión aprobó la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica, la cual señala la obligación constitucional del Estado de apoyar la investigación científica y tecnológica mediante diversas disposiciones. Ese documento toma en cuenta el papel fundamental de las universidades e instituciones de enseñanza superior en materia de investigación científica y tecnológica, y las incluye en el nuevo sistema de apoyo y de fomento, aunque preserva y respeta la autonomía de cada una. Este precepto aspira a resolver la añeja problemática causada por la deficiente coordinación predominante entre las diversas dependencias y entidades del sector público, así como entre ellas y el sector privado, en lo que se refiere a apoyar la ciencia y la tecnología.

La ley no define lo que es ciencia ni lo que es tecnología, así que, cuando se ha intentado establecer una política de desarrollo científico y tecnológico nacional, ha resultado confuso y difícil determinar esos conceptos. En el mundo se entiende que sólo hay ciencia y sus aplicaciones, y que las innovaciones tecnológicas no forzosamente requieren investigación científica, aunque sí aprovechan los descubrimientos de la ciencia básica. La ciencia es un poderoso recurso intelectual que nos permite entender los fenómenos naturales y sociales. La información científica se vuelve indispensable tanto para desarrollar la alta tecnología como para adoptar decisiones en la sociedad actual. Surge la duda sobre cuál es el vínculo entre desarrollo de la industria e investigación universitaria. En los países desarrollados, los estudios que repercuten en el desarrollo industrial se realizan en los laboratorios industriales. En las universidades nacen los embriones de alguna investigación que después se transplanta al laboratorio industrial para llevarla a la práctica. Así, la participación del centro de enseñanza en ese desarrollo, cuando la hay, es menor de 10% del total. La investigación científica en el sector privado debe incrementarse, pero no debe ser un sustituto de la investigación pública.

En 1989, el Consejo Coordinador Empresarial creó la Comisión de Educación del Sector Empresarial, en respuesta a la necesidad de vincular ciencia y tecnología. Sin embargo, hasta la fecha ha conseguido pocos resultados.

La Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica crea una figura nueva, la del Centro Público de Investigación, que pretende arreglar el problema de la escasa participación actual de los centros de investigación como oferentes de servicios ante una demanda nacional tanto del sector público como del privado. Esa legislación pretende estrechar los nexos entre la investigación científica, por una parte, y, por la otra, las intenciones y esfuerzos de innovación tecnológica de las empresas. De inmediato es posible reconocer centros públicos de investigación como los institutos de Investigaciones Eléctricas, Mexicano del Petróleo, Nacional de Investigaciones Nucleares y Nacional de Pediatría, en una lista de 39. La mencionada ley intentará regir el trabajo de los científicos mexicanos del siglo XXI.

Hasta el cierre de este siglo, la política tecnológica de México ha fracasado porque sólo de un modo insuficiente ha estimulado la competitividad de los sectores productivos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) informa, en The World Competitiveness Report (1993), que en nuestro país la relación entre ciencia, tecnología y competitividad registra notorias deficiencias. En el mismo documento se indica que la investigación básica no ha influido en la economía y el desarrollo tecnológico nacionales. En mi opinión, mientras no haya laboratorios industriales dentro de las empresas, no podrán fructificar los esfuerzos realizados en los centros educativos. El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) creado en 1984 no ha ampliado la influencia de la indagación en el desarrollo industrial. Al parecer, provocó un aumento del número de artículos especializados de investigadores mexicanos publicados en el extranjero, pero abatió la calidad de éstos. Antes del SNI había pocos textos de este tipo, pero con mayor número de citas, los investigadores no estaban presionados para publicar y realizaban sus investigaciones sin importar el tiempo que invirtieran en ellas. La asignación de estímulos económicos en función del número de publicaciones con arbitraje internacional en que se ha colaborado dio lugar a un tipo de investigador hábil para publicar, aunque el contenido de sus trabajos sea pobre. Es claro que

una revista es un negocio y publicará todo lo que tenga un mínimo de originalidad. Se olvidaron los investigadores de realizar estudios útiles para el país. El criterio con que escogen los temas de sus indagaciones fue y es el de realizar *investigación de frontera*, con lo cual pasan por alto las necesidades del país. Por eso se registran casos de científicos que cada cuatro o cinco años cambian de tema y se declaran expertos en varios asuntos, y bien podríamos llamarlos veletas científicas. En realidad, para que un investigador produzca resultados importantes en su especialidad debe laborar con constancia durante veinte o treinta años. A pesar de todo, el número de estudiantes que obtuvieron el doctorado se incrementó después de la aparición del SNI y gracias a ello ha sido posible que la investigación se independice de la Ciudad de México, que los nuevos doctorados emigren a los estados y, de ese modo, se imponga un desarrollo de la ciencia más uniforme en todo el país.

Bendición de animales, Ciudad de México, 1965

Ante esta situación, resulta necesario avanzar en el planteamiento de las perspectivas científicas, por un lado, y las tecnológicas, por otro, que es posible adoptar en el siguiente milenio en países de escaso desarrollo como México, de acuerdo con sus particularidades socioeconómicas y culturales, así como no emprender investigaciones de frontera puestas de moda en naciones del primer mundo, que las promueven por ser las únicas beneficiarias de los resultados, pues sólo ellas cuentan con los usuarios potenciales para aprovechar éstos. Las posibles aportaciones de mexicanos en ese campo con fondos y recursos nacionales subsidiarían, pues, a empresas extranjeras.

La contribución de los científicos a la tecnología debe ser un descubrimiento novedoso que la renueve o enriquezca. El primer premio Nobel, W. C. Roentgen, descubrió los rayos X y con ello generó una industria de la que él mismo fue precursor. Lo mismo sucedió con hallazgos realizados por otros notables científicos posteriores, como G. Marconi, los Curie, los Bragg, C. V. Raman, P. W. Bridgman, J. D. Crockcroft y quienes iniciaron la gran industria de la microelectrónica: Bardeen, Brattain y Shockley.

Para que un descubrimiento genere una tecnología capaz de acarrear avances económicos y sociales, no tiene que haber sido realizado necesariamente por un premio Nobel. Simplemente debe responder a las necesidades del sector productivo del país.

La otra tecnología, la que nace de una invención, también es imprescindible para el país y se basa en descubrimientos efectuados por científicos no forzosamente nacionales. Tomás Alva Edison es el caso típico de un inventor que revolucionó la tecnología de la electricidad en todo el mundo pese a que él no la descubrió.

Los productos hechos en México requieren insumos de importación, incluidas materias primas, equivalentes a treinta centavos de dólar por cada dólar vendido. Esto no sólo implica pérdida de valor agregado para las exportaciones mexicanas, sino también una peligrosa dependencia del extranjero, que ejerce control sobre nuestra industria. Por ejemplo, para fabricar bolígrafos en México se

Iztapalapa, Ciudad de México, 1960

tiene que importar la pequeña esfera de acero o cerámica que sirve de punto para la escritura. Y, como en este caso, en otros miles más los proveedores de material de alta tecnología son quienes deciden el funcionamiento de toda una industria. El limitado desarrollo de materiales nacionales que reduzcan en cierto nivel las importaciones es un problema que identifico como tema de estudio para la ciencia en México.

El análisis de las propiedades físicas de los materiales lo realiza la ciencia de los materiales, cuyo carácter es interdisciplinario, porque en ella concurren conocimientos de física, química, biología, matemáticas e ingeniería. Sin coartar la libertad de investigación de que ha de gozar un científico ni tampoco los menos libres estudios tecnológicos, se podría formular un plan de investigación nacional dedicado a estudiar las propiedades de las materias primas nacionales, ya sean metales, polímeros o cerámica. Conocer sus rasgos permitirá elaborar materiales que amplíen la independencia de la industria nacional y brinden la oportunidad de encontrar nuevos campos de desarrollo en el próximo milenio.

En seguida se indican los nombres de algunas tecnologías creadas en México en el presente siglo —a partir de la investigación básica realizada en laboratorios de centros educativos— y de las instituciones de investigación que las impulsaron, además de las empresas en que se aprovechan:

Bioprocesos para el tratamiento de aire contaminado, Universidad Autónoma Metropolitana. Grupo Cydsa.

Solución al problema ecológico ocasionado por el cianuro de sodio presente en efluentes de la industria minera, Instituto Tecnológico de Durango. Minas de San Luis, S. A.

Producción y procesamiento del maracuyá en el estado de Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán. Agroindustrias Terol, S. A. de C. V.

Tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia, Universidad Nacional Autónoma de México. Ibetech.

Desarrollo de la aleación zinalco, UNAM. Falmex.

En cuanto al último ejemplo, yo fui el responsable del estudio y conté con un generoso apoyo de la Organización de los Estados Americanos. El zinalco MR es una aleación basada en cinc, del cual México es uno de los primeros productores del mundo. Su resistencia mecánica es semejante a la del acero estructural (SAE 1040), aunque posee una densidad 35% menor que la suya, y su resistencia a la corrosión atmosférica es parecida a la del aluminio. Una de las propiedades más sorprendentes de esa aleación es su superplasticidad, gracias a la cual es posible moldearla con técnicas empleadas en plásticos a 250° C, y se comporta con resistencia como la del acero abajo de los 100° C.

Soñar no cuesta nada

Siempre he pensado que el uso de los metales superplásticos es capaz de revolucionar la industria metalúrgico-mecánica nacional. Podríamos dejar de importar maquinaria pesada para realizar el conformado de metales, ya que, con moldes simples y baratos y con ayuda de la pre-

sión atmosférica, sustituiríamos los troqueles caros hechos de aceros especiales y las costosas maquinarias para deformar el metal. A la mayor parte de los metales que producimos, como el cadmio, el bismuto, el plomo y el cinc, se les puede conferir un estado superplástico. Los plásticos, el aluminio y el acero están reemplazando a dichos metales en muchos de los usos a que se destinaban en otras épocas.

El comportamiento superplástico revolucionaría por ejemplo la industria automotriz mexicana, ya que podríamos llegar a fabricar una carrocería de automóvil con lámina de zinalco superplástico. Mediante un rediseño, con tres piezas ensamblables se obtendría una carrocería que no requeriría soldaduras, 35% más ligera que las comunes, resistente a la corrosión y económica en cuanto al consumo de energía. Los moldes serían de aluminio, ya que la temperatura de trabajo alcanzaría tan sólo 250° C y no sufrirían desgaste. El vacío requerido para el termoformado se lograría con máquinas de succión muy simples y la temperatura podría elevarse con gas LP, electricidad o energía solar. La fábrica se instalaría en el desierto. La única traba que surge es la dificultad para obtener la lámina. Se requeriría un molino de laminación convencional de gran capacidad con el fin de producir láminas del ancho suficiente para fabricar la carrocería.

Con aleaciones baratas de cadmio-cinc sería posible fabricar botes de basura de bajo costo para todas las ciudades del país, con la geometría adecuada para impedir que se usen con otros fines, y además totalmente reciclables y resistentes a la corrosión. Las aplicaciones superplásticas, que podrían extenderse a la industria naviera, arquitectónica, computacional, etcétera, tendrán que enfrentar la resistencia al cambio propia de los industriales. Deben idearse nuevos diseños especialmente pensados para el uso de la superplasticidad. En fin: soñar no cuesta nada y podría ser que en el próximo milenio haya terreno propicio para iniciar una industria revolucionaria. ◆

Bibliografía

Historia de las instituciones del sistema SEP-Conacyt, SEP-Conacyt, 1998.

"Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica", en *Diario Oficial de la Federación*, 21 de mayo de 1999.

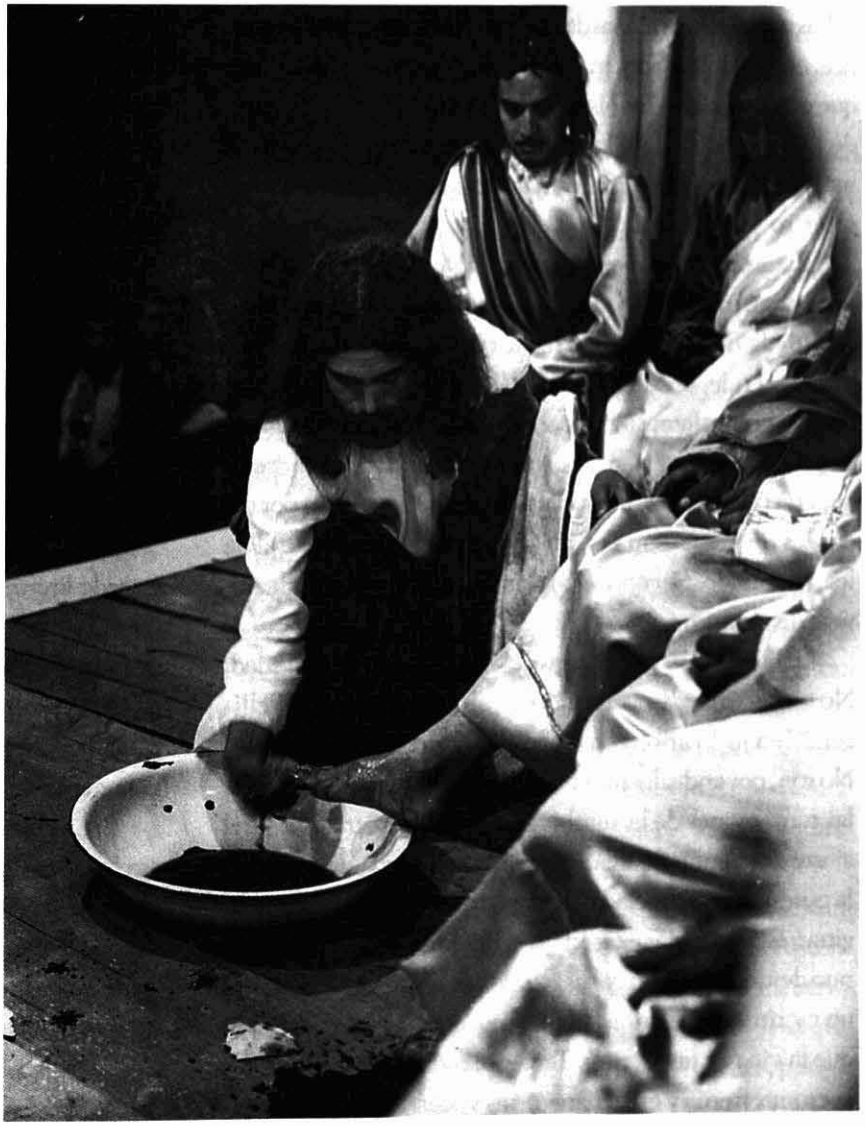
Reviews of National Science and Technology Policy, OCDE, México, 1993.

Rodríguez Sala, María Luisa, *Raíces de la cultura científica nacional*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1994.

Tecno Industria, revista del Conacyt, número dedicado al zinalco, diciembre de 1993-enero de 1994.

"The Quiet Path to Technological Preeminence", en *Scientific American*, octubre de 1989, p. 19.

Torres Villaseñor, G., "Metales que se comportan como plásticos", en *Scientific American en español*, mayo de 1997, p. 80.



Iztapalapa, Ciudad de México, 1960