

## Ciencia y Tecnología en los países del sur.

A pesar de la grave situación socioeconómica, sigue trabajando en la Argentina una sustancial cantidad de investigadores de todas las especialidades científicas que producen resultados de calidad internacional. Sin embargo, el grado de aprovechamiento de la capacidad científica local por el sector industrial nacional es muy baja. En este artículo se analizan tanto la compleja serie de factores que explican esta situación como los mecanismos que permitirían superarla.

Los diagnósticos sobre la situación del aparato productivo argentino son muy poco halagüeños para nuestro futuro. Presentan la imagen de un país empobrecido, con un nivel de industrialización inferior al que tenía hace treinta años y con graves problemas derivados de una importante deuda externa. Señalan además la existencia de una profunda depresión del mercado interno e indican que el aumento de las exportaciones se ha hecho en gran parte en rubros formados por productos que en su mayoría son 'commodities' de relativamente bajo valor agregado. Entre ellos se cuentan gas natural, petróleo, granos oleaginosos y algunos productos agroindustriales de elaboración relativamente simple, como aceites y productos de la industria láctea. Los precios internacionales de tales commodities sufren frecuentes oscilaciones, lo que dificulta las predicciones de crecimiento. A la fuerte disminución de la capacidad industrial debe agregársele las consecuencias de la relación estrecha y no exenta de dificultades con la economía brasileña. La combinación de los factores mencionados redundan en una grave situación social cuyos aspectos salientes son el muy alto nivel de desempleo y el alarmante deterioro en la provisión de los servicios sociales básicos por parte del Estado.

A pesar de esta situación desoladora, la Argentina aún posee un importante sector académico constituido por investigadores bien formados que, aunque desanimados, desamparados y envejecidos por falta de una suficiente renovación generacional, aún son muy productivos en relación con las difíciles circunstancias en que les toca vivir y trabajar. Según sus especialidades, muchos de estos investigadores podrían, en principio, hacer un aporte al desarrollo de tecnologías vinculadas con sus áreas de trabajo, pero en los hechos se observa que están casi completamente desvinculados de la estructura productiva del país. Ello se relaciona con su historia: en sus orígenes, el desarrollo de la tradición científica local no fue impulsado por el desarrollo económico sino por el progresismo intelectual de algunos próceres del siglo XIX, que tenían la voluntad de transformar la Argentina según la imagen de los países más desarrollados. Los científicos, en su casi totalidad, anidaron en algunas de las universidades nacionales. En las últimas

décadas, el sector creció financiado por diversos organismos del Estado tales como el CONICET.

La historia de la investigación científica en nuestro país es la de las luchas, que ya llevan un siglo, por imponer la vigencia de criterios científicos modernos en la universidad. Ciertos grupos de investigadores locales alcanzaron niveles de excelencia reconocidos internacionalmente como lo demuestran los premios Nobel otorgados, en 1947, a Bernardo A Houssay (Medicina), y en 1970 a Luis F Leloir (Química). En su mayoría, los científicos argentinos se han sentido integrantes de la ciencia mundial y han considerado que la producción de resultados científicos de validez universal era una necesaria contribución del país al progreso de la ciencia como valor universal, lo que constituía una suficiente justificación del gasto social involucrado. Sin embargo, en determinados momentos de nuestra historia, buena parte de nuestros científicos también ha manifestado una inclinación por ponerse más directamente 'al servicio del país' de cuyos recursos se nutrían, a través de una mayor interacción con el sector productivo. Desde los años 1960 se viene produciendo sobre esto un debate que de alguna manera aún no ha terminado. Lo que nadie discute son los criterios de excelencia académica y la visión de que la presencia de numerosos investigadores en cada ámbito académico –tanto los 'básicos' como los 'aplicados'– es condición necesaria, aunque no suficiente, para que la educación superior tenga un nivel que garantice la calidad de sus egresados.

En estos momentos, en los que la crisis del país es tan profunda y el Estado está tan carente de recursos que cada uno de sus gastos se está reexaminando mientras la situación presupuestaria y las obligaciones financieras exigen más y más 'ajustes', el sistema científico se siente acorralado como nunca antes y no puede ser ajeno a las graves tensiones del sector público. Se ve así obligado a reexaminar su función en un país empobrecido, respondiendo a preguntas tales como: ¿Debe relacionarse más estrechamente al aparato productivo y trabajar para mejorar el balance de nuestras cuentas? ¿Cuál es su papel en la formación de recursos humanos? ¿Es un lujo que ya no nos podemos permitir o es una necesidad básica de la cual no nos podemos privar?

A pesar de que desde el sector oficial se asegura que los organismos públicos de investigación científica y tecnológica no desaparecerán, los hechos hacen evidente que el estímulo a la ciencia y al desarrollo tecnológico está lejos de ser una prioridad nacional. Sin embargo, en forma paralela, con frecuencia las autoridades demandan al sector científico resultados aplicables directamente a la producción. Esta demanda está mal orientada, ya que omite considerar que el sector científico es solo una de las componentes del complejo de factores que entran en juego en la adopción de una tecnología productiva. La otra parte del difícil trato, la industria local, está demasiado acosada por los problemas de su supervivencia diaria, lo que le impide más que nunca ser un demandante dinámico de nuevos resultados científicos. No debe sorprender por lo tanto que sean excepcionales los casos de interacción exitosa entre la 'academia' y la producción.

La producción industrial argentina se inició a fines del siglo XIX, aceleró su crecimiento a partir de la década de 1930 y se expandió por la fuerte protección que recibió durante la primera fase del peronismo. El sustrato tecnológico de esta industria fue enteramente empírico, y contó con muy poco aporte científico. Su crecimiento cuantitativo, que se centró en las industrias de sustitución de importaciones, al abrigo de un discurso nacionalista y de la búsqueda de la 'independencia económica', coincidió con un retroceso intelectual de las universidades causado por la injerencia de la política partidista en estas (aunque se destaca que la CNEA fue creada en esa época, y, como clave de su éxito, en ella no existió esa injerencia).

La investigación científica surgió lentamente, sin relación con el crecimiento industrial, como resultado a largo plazo de las ideas de visionarios como Belgrano y Sarmiento, quienes en las etapas iniciales y formativas del país fueron los promotores de la ciencia argentina y, con mucho voluntarismo de su parte, visionarios de la modernización tecnológica del país.

En la segunda mitad de los años '50, mediante el empuje político de verdaderos próceres científicos como Bernardo Houssay y como reflejo del auge de la 'gran ciencia' en los países centrales, algunas autoridades políticas y universitarias reconocieron, más explícitamente que antes, la importancia de realizar tareas de investigación científica y, en alguna medida, intensificaron sus esfuerzos para apoyarla. De esa época datan los principales organismos no universitarios de CyT, como el CONICET, el INTI y el INTA. Mucho más recientemente se les agregó la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales), y se creó el Fontar, para promover más eficazmente la interacción entre las instituciones de CyT y los proyectos de desarrollo tecnológico. Sin embargo, a pesar de sus buenas intenciones, y salvo excepciones (sobre todo el INTA y el INTI que cumplieron importantes funciones de extensión y aun de desarrollo con eficacia), estos organismos no lograron insertar a la ciencia con fuerza en el aparato productivo nacional, y tampoco lograron constituir un verdadero sistema integrado que superase las barreras burocráticas entre sus superestructuras.

Este punto merece ser destacado, debido a los frecuentes reclamos –plasmados en la Ley de CyT recientemente sancionada– de que se establezca una política coherente y un 'plan plurianual' para las actividades CyT del país. Habrá que estar atentos a la manera en que este plan sea formulado, dado que debería ser mucho más que un mero listado de temas sobre los que se está trabajando y más que expresiones de deseo basadas en prioridades regionales definidas sin demasiado rigor. A pesar de la dificultad de fijar plazos a las tareas de investigación básica, como parte del sistema de evaluación ese plan debería establecer también metas temporales precisas y criterios de cumplimiento de las mismas, además de dar a los investigadores la seguridad de disponer de los recursos humanos y financieros para asegurar tal cumplimiento.

Debe notarse que en los organismos oficiales, entre ellos la Secretaría de Estado del rubro, la C de la ciencia está asociada con la T de la tecnología. Esta confusión existente

entre la naturaleza de la investigación científica, tanto básica como aplicada, con la naturaleza totalmente distinta del trabajo de innovación o de desarrollo tecnológico debe contarse entre las dificultades que afronta el grupo de instituciones que constituyen el 'sistema' argentino de I&D. Esta confusión, que pocas veces se hace explícita pero que tiene graves consecuencias institucionales, en parte proviene de un problema semántico y epistemológico, además de una concepción ingenua acerca de la relación entre sus dos componentes.

Frente a la coexistencia de un número importante de grupos de investigación de buen nivel y un aparato productivo que casi no emplea sus resultados, es inevitable preguntarse cuáles son los estilos de apropiación tecnológica reales que predominan en los sectores productivos del país. Esto permite poner en evidencia ciertos arraigados errores que se observan en la conceptualización del papel de la ciencia en ese proceso. El análisis de este asunto requiere comparar el proceso de apropiación de tecnología por parte de la industria local con los modelos teóricos usados para interpretarla, y con lo ocurrido en los países centrales, en los cuales el proceso de industrialización alcanzó su madurez antes de que, en las postrimerías del siglo XIX, la Argentina se insertase plenamente en el mapa económico del mundo capitalista como proveedor de carnes y granos.

Como ya se ha mencionado, hasta 1930, la industria argentina fue creciendo en forma sostenida a pesar de las políticas librecambistas impuestas desde siempre. Este proceso se aceleró cada vez que las guerras mundiales dificultaron las importaciones, y cuando las circunstancias de la crisis mundial primero y la segunda guerra mundial después hicieron cambiar la política económica hacia un proteccionismo poco exigente que produjo un desarrollo industrial de características peculiares. En general la industria empleó técnicas y maquinarias importadas, aplicando métodos de innovación basados, sobre todo, en poner la 'viveza criolla' a buen uso, reciclando tecnologías y maquinarias para adaptarlas a las condiciones locales y, en particular, a las propias de un mercado interno de tamaño insuficiente. Así creció una industria de 'sustitución de importaciones' ineficiente según las pautas internacionales y sobreprotegida durante muchos años. El número de invenciones o innovaciones originales aplicadas en la industria fue muy escaso. No se le exigía calidad, competitividad, ni economías de escala, ni se la motivó para exportar ni superar las generosas barreras de protección que el Estado le brindaba. Esta industria se encontró indefensa cuando la implantación de las políticas liberales desde mediados de los 70 abrió el país de un día para el otro al libre ingreso de productos importados. El resultado fue la fuerte desindustrialización que culminó durante la década del '90 con las privatizaciones de las empresas del sector público y con las ventas de muchas de las empresas privadas tradicionales argentinas a capitales internacionales.

En la fase de crecimiento industrial previa a la apertura económica, casi no se incorporaron conocimientos científicos a las tecnologías empleadas: ni aquellos producidos en los países centrales, y menos aún los generados en el país. Hubo algunas

excepciones en este panorama como los desarrollos propios realizados bajo el ala del INTA, y la experiencia industrial moderna de Fate Electrónica y Aluar a comienzos de los años 70, que bajo la conducción de Carlos Varsavsky intentaron incorporar tecnología propia en ambiciosos proyectos que no lograron llegar a su madurez, porque el mencionado proceso de apertura no les dio tiempo para ello.

Estos intentos estuvieron impulsados por una buena dosis de voluntarismo y por un pensamiento original acerca del 'camino argentino (y más generalmente, latinoamericano) hacia la tecnología' y por el empleo de los desarrollos propios en ciencia y en tecnología. El autor más conocido entre los que han pensado y escrito en aquella época acerca de estos temas fue el profesor Jorge A Sabato, creador del Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica y mentor de toda una generación de tecnólogos argentinos. En los ámbitos en que le tocó actuar, Sabato estimuló la generación de tecnologías de origen local, apoyadas por las investigaciones científicas básicas necesarias para sustentarlas y creó figuras conceptuales novedosas como la de 'paquete tecnológico'. Las tecnologías importadas están compuestas de diferentes elementos materiales y conceptuales. Como método de apropiación de esas tecnologías, Sabato propuso que los paquetes provenientes del exterior no debían ser aceptados como 'cajas negras' cerradas; propugnó su apertura, para admitir una mayor participación de la industria nacional en la provisión de productos de alto nivel tecnológico. De ese modo, pensaba que los industriales y los tecnólogos locales también podrían hacer aportes originales, e ir así aprendiendo sobre la marcha cómo se resuelven los problemas tecnológicos. En la concepción de Sabato, la investigación científica era fundamental, pero era solo una de las herramientas necesarias para resolver los problemas tecnológicos. Otras eran la copia, con o sin permiso –la piadosamente llamada 'ingeniería inversa'–, y cualquier otro método que sirviese para adelantar el conocimiento tecnológico. Este enfoque tomaba en consideración que, a diferencia de lo que ocurre en la investigación científica, la originalidad intelectual no es una condición fundamental en el desarrollo tecnológico ya que el éxito de este último se mide en términos económicos y de creación de fuentes de trabajo de alto nivel. Si tales resultados no se producen no hay tecnología: no hay más que conocimientos tecnológicos, que serán eventualmente aplicables al desarrollo de productos.

Otra de las creaciones conceptuales de Sabato fue su celebrado 'triángulo', cuya solidez era, a su criterio, imprescindible para lograr que en un país como el nuestro pudiese generar una corriente autosostenida de desarrollo tecnológico. En los vértices de su triángulo, Sabato ubicaba respectivamente: el sistema de creación de conocimientos científicos y tecnológicos, el aparato productivo y el Estado. Este último debía actuar no solo como promotor, regulador, financiador e interlocutor sino sobre todo como actor a través de la aplicación inteligente de su poder de compra. Muchas de estas propuestas siguen teniendo vigencia, pero nunca se aplicaron en forma consistente.

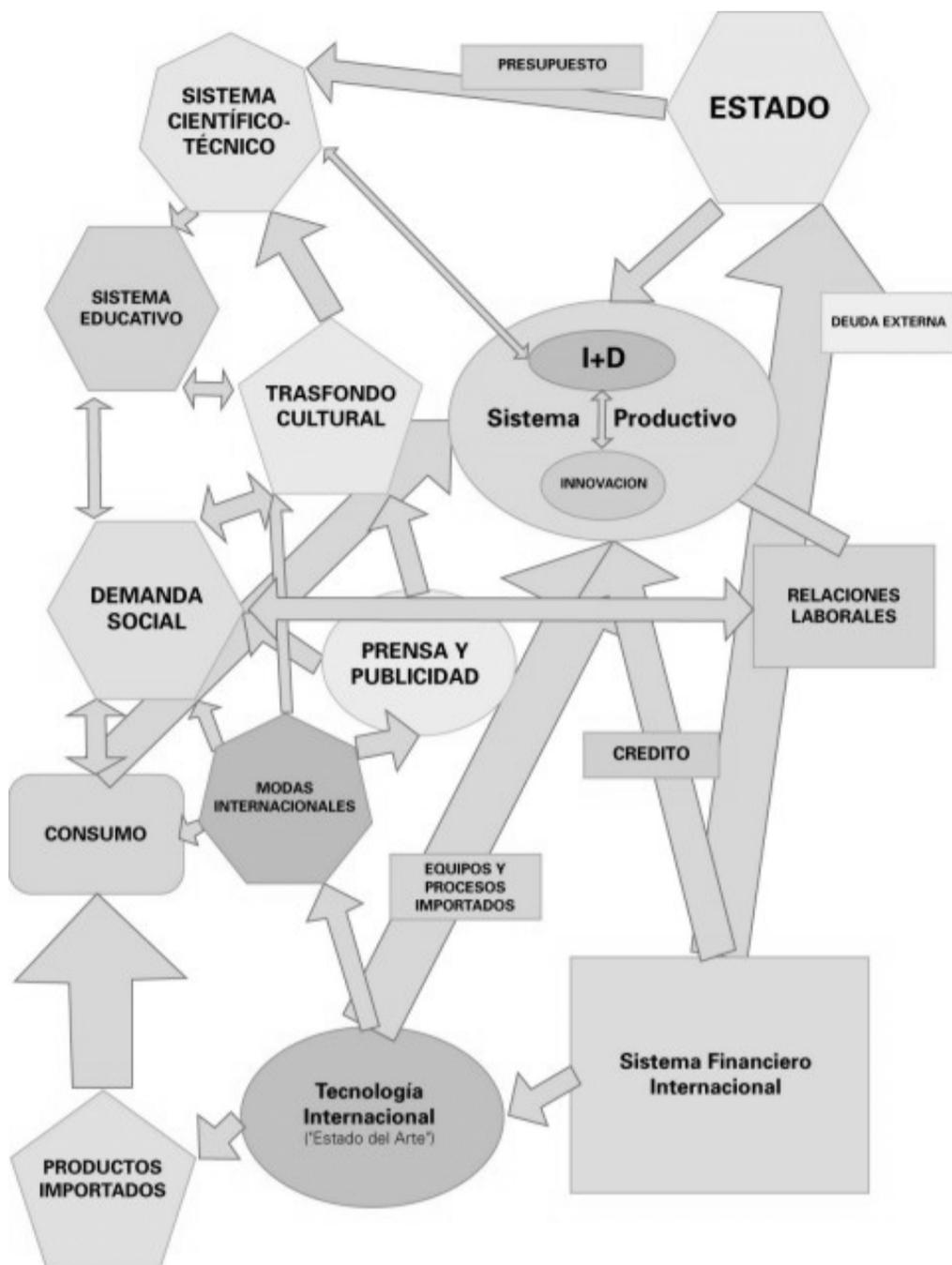


Figura 1

Por otra parte, la red de relaciones en cuyo contexto se debe producir el desarrollo tecnológico en la vida real de un país periférico es mucho más complicado que el triángulo planteado por Sabato. La figura 1 pretende ilustrar ese sistema de interrelaciones. En un país como el nuestro, y como ya lo señalara el mismo Sabato, las relaciones entre los vértices de su triángulo son débiles y poco estructuradas. Pero además, a los tres vértices del triángulo original deben agregarse muchos otros factores. Por de pronto hay un vértice adicional, el capital dispuesto a correr riesgos, decisivo en muchos desarrollos novedosos y casi inexistente entre nosotros.

Pero la situación real es aún mucho más complicada. Más allá de esos tres (o cuatro) ángulos, hay interrelaciones mucho más fuertes con otros factores, que son los que determinan, en mayor medida que aquellas, qué pasa en el aparato productivo a la hora de elegir tecnologías para poner productos en el mercado. Vemos que esos factores son múltiples, y la mayoría de ellos es de origen exógeno y tiene poco que ver con la ciencia o el sistema científico-tecnológico nacional.

La creación de tecnología propia como medio de contribuir a una industria nacional, aún antes de la época de Sabato, tuvo otros precursores, entre los que cabe mencionar a los militares Mosconi y Savio. Ellos también favorecieron un desarrollo científico y tecnológico con cierta autonomía, que pudiese aligerar en alguna medida nuestra dependencia de los aportes tecnológicos extranjeros que eran periódicamente interrumpidos por conflictos bélicos en otras partes del mundo. Savio fue el precursor de la industria siderúrgica. A iniciativa del Gral. Enrique Mosconi, aficionado de la aviación pero sobre todo director emblemático de YPF, en cambio, la Universidad de Buenos Aires creó en 1929 el Instituto Nacional del Petróleo. En plena guerra, en 1942, YPF creó su Dirección de Investigación y Desarrollo que inmediatamente hizo aportes tecnológicos significativos, aunque siempre tuvo dificultades para lograr que las áreas productivas de la empresa estatal los aplicasen. Aquellas generalmente preferían ir sobre seguro y emplear, por ejemplo, catalizadores importados en lugar de ensayar aquellos que le ofrecía la importante investigación básica y aplicada de tales temas que se estaba realizando en el país.

El desarrollo tecnológico local siempre tuvo un carácter fuertemente voluntarista. A diferencia de la interacción casi natural entre las universidades, las empresas y (más tarde) el Estado que facilitó el desarrollo industrial de los Estados Unidos y de los países europeos que aún hoy son líderes en el desarrollo tecnológico mundial, en el medio local esa interacción nunca fluyó como algo connatural con el desarrollo económico, y más bien fue resistida por los industriales que lo consideraron como algo superestructural en contraste con la tecnología que ellos usaban, la de verdad, que venía del extranjero.

El voluntarismo de los adalides del desarrollo tecnológico argentino –a diferencia de los científicos, bien insertados en las corrientes científicas internacionales en la medida de sus medios– llamó la atención de algunos observadores extranjeros, que lo compararon con el voluntarismo revolucionario que en una época aproximadamente coincidente se expresaba en el ‘foquismo’ de personajes aislados como Ernesto ‘Che’ Guevara. Por eso un observador externo como E Adler se refiere a los ‘guerrilleros tecnológicos’ con una mezcla de curiosidad y admiración.

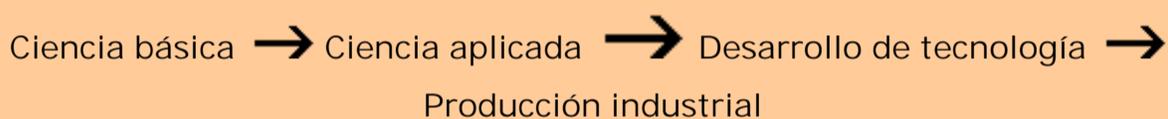
Los guerrilleros tecnológicos lograron algunos éxitos espectaculares en lo tecnológico. A pesar de su repercusión política momentánea, en general estos logros no tuvieron el impacto económico necesario como factores para impulsar al país hacia una industrialización genuina. Tal vez la más resonante de las acciones de guerrilla tecnológica fue el desarrollo de la ‘sensitiva’ tecnología de enriquecimiento de uranio, alrededor de 1980, hecha casi enteramente ‘a pulmón’ bajo las narices de los que, de haberlo sabido, hubiesen ejercido las presiones políticas necesarias para impedirlo. Otros ejemplos fueron los desarrollos aeronáuticos de los años 50 y, en el ámbito de la industria privada, los desarrollos en informática efectuados por la empresa Fate Electrónica a comienzos de los años 70, que eran paralelos y simultáneos con el desarrollo de la

computadora personal en los Estados Unidos. Por diversos motivos, ninguno de estos proyectos tuvo un impacto económico significativo.

En la Argentina, excepto en algunos círculos académicos de inspiración sociológica, el pensamiento sobre los mecanismos de desarrollo de tecnología productiva o su adopción por parte de las empresas no abandonó marcos bastante esquemáticos.

Por lo pronto, no siempre se reconoció que la incorporación de la tecnología por la industria en un país como el nuestro recorre caminos muy diferentes a los que han trazado sus precursores durante el desarrollo original de los países centrales. Por eso es frecuente que de maneras más o menos tácitas se acepte que los modelos propuestos para explicar aquel desarrollo en los países centrales pueden aplicarse a países como el nuestro, caracterizados mediante diversos apelativos tales como subdesarrollados, en vías de desarrollo, de industrialización tardía o emergentes. O 'del Sur', un sur metafórico, por supuesto.

Algunos de estos modelos 'importados' por añadidura están basados en hipótesis poco justificables. La más elemental de ellas es la que postula una línea causal directa que fluye desde la investigación básica hasta la producción en una secuencia lineal de cuatro pasos:



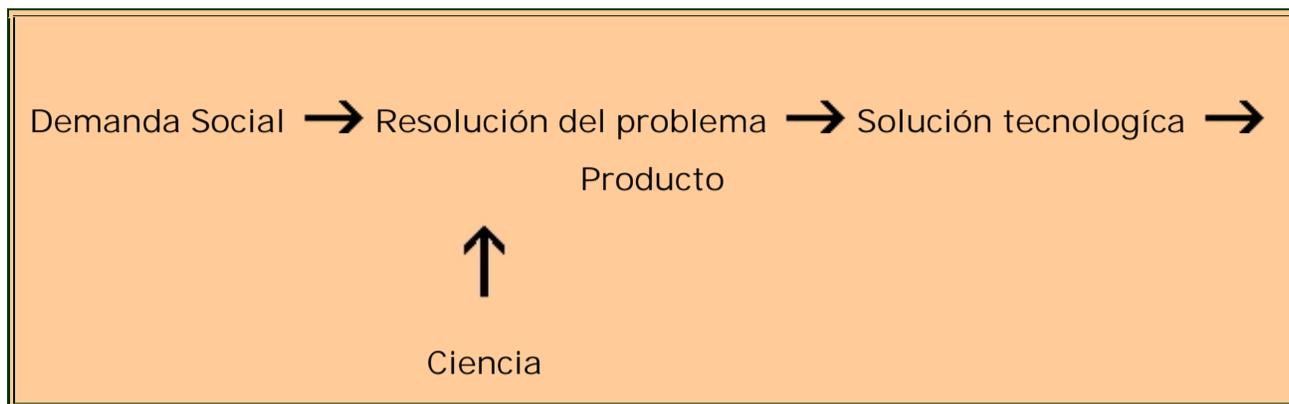
En parte, esta idea descansa sobre el error semántico de limitar el significado del término 'tecnología' casi exclusivamente al conocimiento práctico derivado de la aplicación más o menos directa del conocimiento científico. De acuerdo con esta interpretación del término, ni los constructores de los acueductos romanos ni los inventores prehistóricos de la metalurgia podrían ser llamados tecnólogos.

Solo en pocos casos en todo el mundo el desarrollo tecnológico recorrió un camino lineal y directo entre el laboratorio y la planta de producción. Entre ellos se cuenta el desarrollo de los colorantes artificiales en la Alemania de la segunda mitad del siglo XIX y, en la actualidad, ciertas tecnologías 'de punta' en áreas como la electrónica del estado sólido, las comunicaciones ópticas, la industria farmacéutica y la biotecnología, donde también el camino del laboratorio de investigaciones al estante del comercio es cada vez más breve y relativamente directo. Sin embargo, aun en esos casos operan todos los demás factores que se muestran en la figura 1.

Por otra parte, es un error creer que estos ejemplos definen procesos que son válidos en cualquier circunstancia y, sobre todo, que el modelo lineal sea aplicable a una situación socioeconómica como la nuestra, tan diferente de la de los países desarrollados.

En general, el éxito comercial de un producto o de una tecnología no depende de sus fundamentos científicos, y frecuentemente ni siquiera está muy acotado por su viabilidad técnica, es decir, la factibilidad de su fabricación en condiciones industriales.

Otro error resultante de una visión simplista sobre la génesis de los productos tecnológicos o los métodos para su producción es creer que estos se generan como respuesta a demandas sociales o a necesidades de los consumidores. En cierta medida, este modo de ver las cosas es opuesto al mencionado en los párrafos anteriores. En estos el desarrollo es 'empujado' desde la oferta que nace de su factibilidad científica, mientras que en el analizado aquí este es 'arrastrado' por la demanda social. Esto puede esquematizarse como sigue:



Nótese que, en este caso, la ciencia constituye un aporte entre varios, a la tarea fundamental que es la resolución del problema planteado por la demanda.

Este modelo ofrece una solución un poco más matizada al problema teórico planteado por el desarrollo tecnológico, y admite la interacción de factores diversos, uno de los cuales es la ciencia. La demanda social queda aquí como causa primera, pero su naturaleza y su origen deben ser explicitados mediante estudios basados en las ciencias sociales. Estos muestran que cada caso tiene sus particularidades. En muchos casos notorios, la demanda proviene del Estado, frecuentemente por necesidades militares o políticas. Los elevados costos del desarrollo tecnológico, en esos casos, son financiados por los presupuestos del gobierno. En la generación de la demanda privada, en cambio, es menos importante la satisfacción de necesidades reales que la creación de necesidades antes desconocidas, en la cual participa la publicidad y el 'mercadeo', la búsqueda o la generación de mercados. Según el caso, estos desarrollos dependen de la manipulación de los consumidores tanto o más que de la generación de tecnologías basadas en conocimientos científicos. No en vano el estudio de las especialidades profesionales vinculadas con la generación de mercados tienen, en la actualidad, una demanda mucho mayor que el estudio de las ciencias.

Este modelo basado en la demanda también posee algunos ejemplos emblemáticos en la historia de la tecnología de las últimas décadas. Uno fue el proyecto Manhattan, para el desarrollo de la bomba atómica en los años 40, que se ejecutó sobre la base de una necesidad estratégica planteada por la guerra contra el nazismo. A raíz de esa necesidad social, el Estado puso a disposición de los científicos y tecnólogos todos los medios necesarios para la realización de este proyecto. Otro ejemplo es el desarrollo de los microcircuitos electrónicos integrados, que son el corazón tecnológico de toda la industria electrónica, informática y de comunicaciones que hoy domina el panorama tecnológico mundial como la más dinámica de todas. Esta innovación tecnológica nació a

la vida económicamente sustentable a través del multimillonario proyecto Apollo de poner un estadounidense en la Luna en la década de 1960. Ambos casos ilustran la tesis de Sabato de que una de las fuerzas impulsoras más eficaces del desarrollo tecnológico es el enorme poder de compra del Estado, indudablemente un fuerte generador de demanda.

En los dos casos mencionados, el término demanda tiene un significado muy diferente al que le da la economía liberal. En ambos casos fue el Estado quien cubrió los altos costos iniciales del desarrollo, que luego, una vez amortizados en gran parte, pudieron volcarse hacia las aplicaciones originadas en empresas privadas. Esto ilustra la importancia de la capacidad de compra del Estado para superar la barrera económica inicial y asegurar la rentabilidad comercial de las inversiones privadas en investigación y desarrollo. Esta capacidad de compra está sustentada por leyes y es constantemente empleada por los países más desarrollados para proteger a sectores estratégicos de su capacidad tecnológica. Nótese la contradicción entre estas actitudes y los siempre proclamados principios liberales que obligan a los países más débiles económicamente a abrir sus mercados a una competencia que es insostenible en las etapas de despegue de las industrias de alto valor agregado.

Hay, claro está, desarrollos que responden a necesidades más amplias o, por lo menos, a demandas muy dependientes de diversos tipos de modas y de la influencia de la publicidad. Un ejemplo histórico muy interesante es el de la bicicleta moderna, que se desarrolló en la segunda mitad del siglo XIX mediante la conjunción de respuestas de varios fabricantes a diversas necesidades de distintos sectores de la demanda entre los que se contaban los jóvenes deportistas, las damas y los obreros.

Pero tanto la bicicleta como el circuito integrado ya han sido inventados. Salvo algún caso individual de un invento enteramente original (el caso argentino habitualmente citado, probablemente el único, es el del bolígrafo o birome, aunque su inventor lo había desarrollado antes de radicarse en la Argentina) no se puede prever que se produzca (y, sobre todo, que se difunda), entre nosotros, una innovación mayor de aquellas que abren nuevos caminos hacia el futuro de toda un área de la tecnología. Las innovaciones menores, en cambio, pueden generarse de muchas maneras y pertenecen a muchos ámbitos, uno de los cuales es la tecnología de producto o de producción propiamente dicha. Las innovaciones menores –y muchos desarrollos de nuevos productos o procesos de producción de los ya conocidos– son las que, en muchos casos, han logrado mejorar la competitividad de un sector industrial hasta hacerlo sostenible aun en el mar proceloso de los mercados de consumo mundiales. Por fortuna existen casos de empresas argentinas que han logrado dar ese salto.

Esta reflexión sirve para ilustrar otra de las ideas populares erróneas acerca del desarrollo tecnológico, esto es, aquella que asocia tal desarrollo con la invención inspirada de algún talento solitario. En todas las sociedades existen inventores, por supuesto, pero su aparición es impredecible y es evidente que la ruta central hacia el desarrollo tecnológico no pasa por ellos, que desempeñan un papel bien marginal y

desafortunadamente pocas veces tienen éxito económico e industrial. Edison, el ejemplo máximo del inventor exitoso, tiene más mérito por haber inventado la empresa de tecnología junto con los mecanismos para llegar al mercado de consumo, que por haber inventado mil artefactos. De todos modos, si bien los inventores resuelven problemas, estos suelen ser planteados por ellos mismos y rara vez responden a un arrastre de la demanda. A pesar de estas limitaciones, los inventores merecen nuestro respeto y aliento.

¿Cuál es entonces, el camino hacia la innovación tecnológica que se puede seguir en un país como el nuestro? El sistema productivo, o cualquiera de las empresas que lo integran, no existe en un vacío ni puede aislarse del medio o trasfondo cultural, político, económico, en que se desempeña. El trasfondo cultural, en nuestro caso, tiene una serie de condicionantes, pocos de los cuales predisponen al empresario a recurrir a los científicos académicos para que le ayuden a resolver sus problemas, cuya mayoría es de índole comercial, financiera, económica y laboral, y lo obligan a responder a una enorme cantidad de exigencias provenientes de esos ámbitos.

En los hechos, aunque hay excepciones, la principal fuente de tecnología es el exterior, hacia donde suelen mirar los industriales argentinos, aun aquellos que no han vendido sus empresas a intereses internacionales. Frecuentemente la incorporación de tal tecnología abarca la adquisición de maquinarias, sean ellas de última generación o más antiguas. Tal fue el tipo de política tecnológica seguida por la mayoría de las empresas argentinas durante muchos años, cuando la industrialización por sustitución de importaciones les permitió capitalizar equipos obsoletos importados como si fuesen nuevos.

La mera compra de maquinaria 'llave en mano', si bien contribuye a la producción de bienes o servicios, como también a la modernización tecnológica del parque industrial del país, generará un valor agregado limitado a las condiciones de un mercado que seguirá dominado por los verdaderos propietarios de la tecnología empleada. Tales compras no implican genuinas transferencias de tecnología y no es apropiado contabilizarlas como inversiones en CyT.

A pesar de todos estos factores adversos, inclusive la gran dificultad de ingreso a los mercados internacionales de productos argentinos de 'alta tecnología', aún es posible detectar algunos 'nichos de mercado' en los cuales la producción argentina de alto valor agregado pueda tener alguna ventaja competitiva.

Mencionaremos tentativamente algunas que nos parecen poseer esas características, en áreas con las que tenemos cierta familiaridad, sin que ello implique prejuzgar sobre las que conocemos menos. La ya citada tecnología nuclear es una de ellas, especialmente en vista al insinuado resurgimiento del interés por la generación nucleoelectrónica en muchas partes del mundo junto con la destacada posición internacional ya adquirida.

Con la construcción de varios satélites de complejidad mediana –en particular el altamente exitoso SAC-C que ha cumplido un año en el espacio–, la Argentina ha demostrado una presencia en un mercado de productos de alta tecnología que también está destinado a crecer en los próximos años. Aquí sí se está manifestando el empleo inteligente de la capacidad de compra del Estado; una vez definido un Plan Espacial Nacional multianual de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales que se viene cumpliendo con prolijidad en la medida de las restricciones presupuestarias. A partir de esta política, la Argentina ya ha comenzado a mostrar su presencia en el mercado internacional de satélites medianos y de componentes críticos desarrollados localmente. Sin embargo, para penetrar en esos mercados, se debe lidiar con las políticas fuertemente proteccionistas de los países desarrollados.

Volviendo ahora a una consideración de los campos de actividades productivas en que una verdadera inserción de los conocimientos científicos de que se dispone en el país sería más promisorio, un área de éxito posible reside en varios aspectos de la biotecnología. Ya existen empresas privadas que están firmemente implantadas en el mercado internacional de productos biotecnológicos de uso médico. Sería de esperar que el desarrollo de especies transgénicas también sea un campo promisorio, en un país cuya agricultura ya se ha volcado en ese sentido. El desarrollo de equipos de proceso avanzados, como sensores, fermentadores o sistemas avanzados de control para estas finalidades también puede ser un campo fértil para los ingenieros químicos.

Por supuesto, las tareas de desarrollo en los diferentes campos de la informática son un vasto campo de desarrollo abierto. Es poco probable que en un futuro previsible logremos crear dispositivos novedosos o competitivos en las áreas más dinámicas de la microelectrónica o la optoelectrónica. Sin embargo, la existencia de grupos de desarrollo en tales áreas es seguramente necesaria para que nuestros tecnólogos estén al día sobre lo que tan rápidamente evoluciona en el mundo. El reciente éxito de la Argentina en un campeonato mundial de fútbol robótico es muy alentador y abre expectativas en esa área. Lo mismo sea probablemente cierto en otras áreas de la física, como la de los superconductores, tema en el cual disponemos de grupos de investigadores de nivel internacional.

Aquí, como en otras áreas de la tecnología de avanzada, existen temas tales –como muchos que se relacionan con la informatización de aspectos de la administración pública– como el control de la recaudación impositiva y la vigilancia del territorio, donde los tecnólogos argentinos están capacitados y dispuestos a desarrollar los sistemas que el Estado nacional requiere con urgencia para resolver algunos de los problemas más acuciantes y peculiares de esta etapa de nuestra vida nacional.

En muchos de estos temas, el ya mencionado empleo inteligente del poder de compra del Estado aún podría ser aplicado en plenitud, lo cual, mediante la necesaria decisión política, se brindaría una ocasión preciosa para crear toda una industria que podría proyectarse luego con ventaja a otros países.

La realización práctica de todas estas posibilidades pasa por la capacidad empresaria y la creación de empresas de base tecnológica, que en otros países son 'incubadas' en el contexto creativo de los organismos científicos, y en las que participan los investigadores como emprendedores. Para ello se debe lograr que los investigadores comprendan todos los factores que intervienen en el diseño de un producto exitoso, además de su aporte científico, sea este básico o aplicado.

La innovación tecnológica es una de las actividades necesarias en un país moderno. Para que ella sea posible, también lo es la ciencia básica. La pretendida dicotomía entre ciencia básica y aplicada es absurda. Solo hay ciencia buena y mala.

Sin caer en un optimismo injustificado, creemos que hay cosas que se pueden hacer para aprovechar la capacidad científica y tecnológica que posee la Argentina. Pero es necesario dejar de lado viejas concepciones teóricas y opciones políticas que, en el mundo de hoy, resultan inadecuadas. También se requiere que el Estado vaya más allá de sus abstractas declaraciones de apoyo al 'sistema CyT', y que muchos integrantes de la comunidad académica superen los temores en que están sumidos así como actitudes de defensa corporativa, para repensar su propio papel en la sociedad.

Tomás Buch: Doctor en Físicoquímica, Northwestern University, EEUU, consultor independiente en temas generales de tecnología y educación tecnológica. Exprofesor de las Universidades de Buenos Aires, Chile (Santiago), Paris, Comahue.

#### Lecturas sugeridas

-  ADLER E, 1991, The Power of Ideology. The Quest for Technological Autonomy in Argentina and Brazil, University of California Press.
-  BIJKER WI, 1989, Of Bicycles, Bakelites and Bulbs, Towards a Theory of Sociotechnical Change, MIT Press.
-  BIJKER WI et al (eds.), 1997, The Social Construction of Technological Systems, MIT Press.
-  BUCH T, 1999, Sistemas Tecnológicos, Buenos Aires, Aique Grupo Editor.
-  SCHVARZER J, 1996, La Industria que supimos conseguir, Buenos Aires, Sudamericana.
-  THOMAS H, 1995, Surdesarrollo, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.
-  VARSAVSKY O, 1994, Ciencia, Política y Cientificismo, 1a. ed. 1969, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.