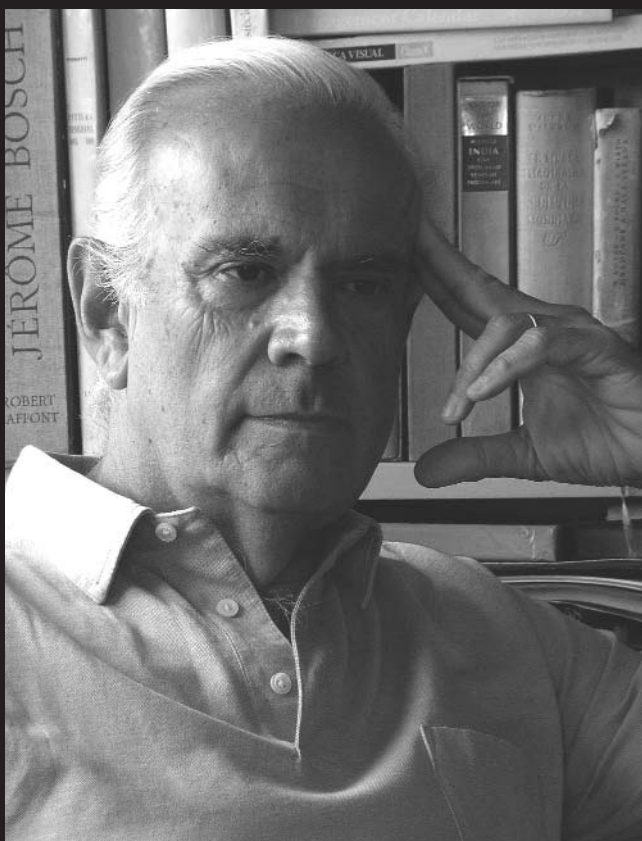


*Para que sirven las ciencias y las tecnologías?
... para cambiar el mundo*

Ciencia y tecnología en el tercer milenio

ESCRIBE

Ricardo A. Ferraro
rferraro@fibertel.com.ar



Ricardo A. Ferraro es Ingeniero Civil de la UBA. Es Profesor de materias afines con las políticas tecnológicas, en la UBA, la UNQ y FLACSO. Fue miembro del Consejo Directivo del INTI, asesor del Ministro de Economía (2002) y en la SEPYME. Ha ocupado cargos directivos en empresas nacionales y extranjeras y en organismos nacionales y provinciales. Fue el primer Director Ejecutivo de la Fundación YPF y de CONCRETAR (Consenso para el crecimiento tecnológico argentino). Creó la revista Ciencia Nueva. Es autor de *Educados para competir* (1995), *Qué es qué en tecnología* (con Carlos Lerch, 1997), *Al sur de la ciencia y la tecnología* (1998), *La marcha de los locos* (1999), *Para qué sirve la tecnología* (2005) y de varias decenas de artículos sobre educación, ciencia y tecnología.

Si retrocedemos con nuestra mirada cinco o seis décadas, verificaremos que recién en ese momento aparecían los primeros antibióticos, no había ni aviones a reacción -o a chorro como se los llamó entonces-, ni televisión comercial, ni computadoras, y se necesitaban varios días de viaje en barco para llegar a puertos europeos o norteamericanos. ¿Qué podemos esperar de las próximas décadas?

TECNOLOGÍAS ¿CUÁLES?

En su libro *Building Global Biobrand: taking biotechnology to market*, Françoise Simon y Philip Kotler han descrito la siguiente escena:

Un día de abril de 2020, a las 8 de una mañana soleada de primavera, la familia Fuller se ha puesto en movimiento, como sucede cada día. John está por dirigirse a su estudio de abogado, su esposa Cynthia a la caminata previa al inicio de su labor y Marion, de 8 años, a la escuela. En su casa de Westchester, durante el desayuno, Marion ha sido vacunada comiendo sólo una banana. Las inyecciones son cosa del pasado. Utilizando su reloj pulsera-transmisor, John realiza su chequeo mensual enviando a su médico clínico los datos recogidos por los biosensores de su remera y de una cápsula, que ha tragado. Su salud es buena, gracias a la dieta y al ejercicio pero, además, por las nuevas drogas que le han prescripto, fabricadas de acuerdo con su genotipo. Siempre apurado, tendía a olvidar sus píldoras, pero ahora tiene un microchip implantado que funciona como una microfarmacia, de acción prolongada. En el baño, Cynthia admira su nuevo maquillaje, que le ha eliminado una erupción. Gracias a que le han hecho una reingeniería parcial de su rodilla, que se lastimara esquiando durante el invierno, ha vuelto a sus habituales caminatas.

Mientras tanto John completa una transferencia banca-

ria y decide vender un valor que, desde su punto de vista, ha llegado a un máximo; gracias al scaneo de su iris y a otras pantallas biométricas, la seguridad en línea ya no es más un problema.

Afuera el aire está brillante, y el río Hudson se ve maravillosamente limpio; durante las últimas décadas biocombustibles y bacterias comedoras de desechos han realizado milagros sobre la desafiante ecología de Nueva York. En lo alto, aviones que se dirigen a Canadá o a la costa oeste llevan pasajeros con mayor seguridad: sus alas y fuselaje están actualmente hechos de biomateriales que detectan y autoreparan cualquier fatiga o grieta amenazante, mientras que su electrónica incluye redes neuronales que reaccionan rápidamente ante eventos críticos, como una falla hidráulica. Sin embargo, dos cosas no han mejorado; la distancia para estirar las piernas y los aeropuertos, que siguen atiborrados.

Créase o no, todas las innovaciones que se describen en el texto anterior ya han sido desarrolladas o se encuentran en etapas piloto antes de su lanzamiento al mercado. Por eso resulta interesante repasar algunos desarrollos que pueden parecer ciencia ficción pero no lo son:

- La investigación en vacunas comestibles ha desarrollado

plantas que producen el antígeno de superficie de la hepatitis B, para inmunización oral. Sólo una pequeña fracción de una banana vacunaría a un niño por un quinceavo del precio de la inyección y no necesitaría de la cadena de frío, que puede ser un problema para muchas economías en desarrollo.

- La diferencia entre alimentos, cosméticos y medicina está desapareciendo. *Unilever* ha lanzado al mercado alimentos medicinales, como una margarina que reduce el colesterol. Cosméticos como el *Retinol*, de *Johnson & Johnson*, alegan beneficios médicos. *Shiseido* financia investigaciones en biofarmacia y fue la primera en desarrollar una variedad de arroz no alergénico. Se ha obtenido por bioingeniería una variedad de 'arroz dorado', que contiene provitamina A y puede abrir el camino para la producción de otras vitaminas y plantas.

- La empresa *Vivometrics* ha recibido la autorización de la *Food and Drug Administration* (FDA) para su *Life Shirt System* que monitorea más de treinta signos vitales. Su diseño inicial se dirige a tres mercados: ensayos clínicos de drogas y dispositivos, diagnósticos durante el sueño e investigaciones médicas cardiopulmonares.

- *Applied Digital Solutions* ha desarrollado un dispositivo para seguridad personal que permite seguimientos utilizando chips telefónicos móviles -en un localizador del tamaño de un reloj pulsera- y prepara una versión médica para transmitir datos tan sencillos como los del pulso y a su vez otros tan complejos como la química de la sangre. *Siemens* y *Agilent*, por su parte, crearon prototipos de monitoreo

médico y *Chronicle*, de *Medtronic* consiguió que, vía Internet, los datos que registran sus marcapasos estén a disposición permanente de los médicos.

- *Samsung* trabaja sobre una herramienta de diagnóstico casero, su *Family Doctor*; una cápsula que se traga, examina los órganos internos y transmite los datos al médico. *MicroChips*, un *start-up* afiliado al Instituto Tecnológico de Massachussets, planea lanzar dentro de los próximos cinco años un chip implantable, con 400 recintos que contengan determinadas dosis de ciertas drogas y un microprocesador que las liberará a diferentes intervalos. Para 2010, una segunda generación podrá interactuar con sensores implantados que permitirán que señales del cuerpo dirijan la liberación de las drogas.

- La medicina regenerativa abarca desde *Apligraf*, de *Organogenesis* - primera piel obtenida por ingeniería y aprobada por la *Food and Drug Administration* de los EE.UU. para úlceras de las piernas- hasta las pruebas clínicas de un hígado bioartificial. Otra empresa de ingeniería de tejidos, *Gentis*, combina andamiaje, moléculas y células dérmicas para construir nuevos cartílagos. Se estima que este mercado global será del orden de uno a tres mil millones de dólares por año.

- Una "economía de los hidratos de carbono" está apareciendo con los biocombustibles, polímeros basados en plantas y enzimas de alta eficiencia. La producción de etanol está encabezada por *Archer Daniels Midland*, mientras que *Cargill-Dow* recibió la aprobación para el ácido poliláctico, un biopolímero que es

la primera nueva fibra que aparece desde 1950.

Un sociólogo alemán usa el término NBIC (*nanoscience, biotechnology, information technologies, cognitive sciences*) para referirse a las ciencias y tecnologías que se asocian con el propósito de estudiar y mejorar al ser humano.

Por supuesto, los conocimientos que hoy permiten y siguen colaborando en el desarrollo de las tecnologías utilizadas en cada uno de estos productos que hemos descripto brevemente son muy diferentes de otras, por ejemplo las tecnologías industriales o agropecuarias'.

Es válido aclarar aquí que en Argentina, en dos centrales nucleares de distinto origen -una es KWU, de Siemens, y la otra es CANDU, de AECL- se hace uso de diversas tecnologías. Cuando se dice que en el país "se fabrican y exportan autos" hay que aclarar que se hacen con tecnologías de Ford, Renault, VW, Toyota, General Motors, etcétera y que lo mismo pasa con las autopartes que los integran. Los elementos de afeitar son Gillette porque se hacen bajo esa tecnología. En petroquímica, las destilerías son de tecnología Shell, Exxon o Japan Gasoline, entre otras. En bebidas alcohólicas, empresas como Chandon, además de métodos propios para producir vinos y champagnes, poseen diversas tecnologías. Quizá, entre las empresas propietarias de tecnologías, las más notorias son las farmoquímicas que reclaman, en todos los países del mundo, leyes de patentes que protejan su investigación y desarrollo de tecnologías para que sólo las

puedan usar quienes estén autorizados y paguen patentes y royalties. Quizá el reclamo más notorio en los últimos tiempos fue el de Monsanto, que dejó de producir sus semillas transgénicas de soja porque no se pagaba por el uso de su tecnología debido a la existencia en el país de la "bolsa blanca".

Y ahora ¿qué?

Si retrocedemos con nuestra mirada cinco o seis décadas, verificaremos que recién en ese momento aparecían los primeros antibióticos, no había ni aviones a reacción -o a *cho-rro* como se los llamó entonces-, ni televisión comercial, ni computadoras, y se necesitaban varios días de viaje en barco para llegar a puertos europeos o norteamericanos. Desde entonces ha aumentado muchísimo nuestro conocimiento y capacidad de intervención en el mundo físico y biológico. La expectativa de vida se ha incrementado y cada vez más habitantes del planeta pueden pensar en vivir no menos de 65 años. Algunos hombres han dejado sus huellas en la Luna, otros han creado Internet y muchos aprendieron a leer el genoma humano. El aumento de la productividad agrícola ha permitido que mucha menos gente produzca un volumen varias veces mayor de alimentos. Lo mismo ha sucedido con la productividad industrial: hace algunas décadas, el cuarenta por ciento de los trabajadores eran obreros industriales en países como Alemania o Gran Bretaña. Hoy esos porcentajes se han reducido sustancialmente mientras que ha crecido considerablemente el volumen y

valor de sus productos industriales. Quizá los adelantos en el procesamiento de información y en salud hayan sido mucho más rápidos que en energía, transporte o manufactura, por ejemplo. Pero hay industrias que todavía dependen de tecnologías desarrolladas a fines del siglo XIX y comienzos del XX: el motor de combustión interna data de 1860, la primera central de generación de energía eléctrica la inauguró Edison en 1882 y el método para hacer aluminio a partir de la bauxita data de 1886. Alguien que vivió en 1940 o 1950 reconocería las funciones de los automóviles y los surtidores actuales, mientras que quedaría atónito frente a una PC, laptop o palm.

¿Qué podemos esperar de las próximas décadas?

Pocas cosas hay más difíciles que formular pronósticos tecnológicos. Sin embargo, existen muchos indicios de que no se frenará el ritmo de las innovaciones sino que se mantendrá y, posiblemente, se acelerará. Se puede decir que contamos con los factores que importan: la investigación científica avanza vertiginosamente, más países se dan cuenta de la importancia de prestar mayor atención y dedicar más recursos a la educación, las ciencias y las tecnologías, mientras cada día hay más empresas cuya continuidad y éxito dependen de mantener o aumentar el ritmo de sus innovaciones. Kevin Share, CEO de la empresa biotecnológica Amgen señala que la actual situación le recuerda a la de 1946, cuando recién aparecía el

potencial de la electrónica y las computadoras.

Los especialistas anuncian que se acercan cambios importantes. Al reducirse los precios de productos y servicios tecnológicos y aumentar los ingresos en países como China, India, Brasil o Tailandia, aparecen nuevos mercados que suman más de mil millones de consumidores. Esto en cuanto a la demanda.

Respecto a la oferta de las empresas tecnológicas, los cambios se centran fundamentalmente en las siguientes cuestiones:

- Necesidad de diseños más simples y resistentes
- Respeto por las particularidades de los nuevos mercados
- Desarrollo de negocios con empresas de dichos mercados
- Políticas de precios creativas
- Atención a nuevos aspectos de la competencia

En cuanto a la necesidad de mejorar la resistencia y el diseño, en India, *TVS Electronics* produjo más de un millón de unidades de un nuevo producto que reúne en un único implemento, PC, caja registradora y un sistema de gestión de inventario. Soporta bien tanto el calor como el polvo y puede manejarse atendiendo a íconos ya que se estima que muchos de sus usuarios son analfabetos.

Con respecto a innovaciones adecuadas a las particularidades de los nuevos mercados *Hewlett-Packard*, por ejemplo, ofrece a los fotógrafos itinerantes en la India impresoras portátiles con un pequeño panel solar. Pero no es la única. IBM, por su parte, también hace buenos negocios vendiendo tecnología a empresas chinas. Para *China's*

Culturecom desarrolló un nuevo microprocesador, que cuesta doce dólares y facilita las ventas de PC y accesos a Internet en ciudades rurales aisladas de su vasto territorio. Es también en China donde nació *Huawei*, una empresa que ya se extiende a otros mercados y que vende a mitad de precio productos similares a los de *Cisco*. De eso se trata, precisamente, el endurecimiento de la competencia, asociada cada día más a la aparición de nuevas empresas con menores costos y mucho mayor conocimiento de las particularidades de esos mercados locales.

¿Qué se puede descubrir en el horizonte?

Es habitual que las revistas de economía y negocios de los países más industrializados se ocupen de temas científicos y tecnológicos y que en ellas se encuentren muy interesantes artículos de divulgación del 'estado del arte' y de ubicación de la frontera del conocimiento, así como prácticas miradas prospectivas.

El semanario inglés *The Economist*, sostiene que el interés que provoca en los líderes que lo leen se explica por la calidad de sus artículos en cuatro rubros fundamentales: qué pasa en el mundo, finanzas, negocios y ciencia!.

En mayo de 2004 la revista de negocios norteamericana *Business Week* reseñó una charla ante empresarios de su cronista Michael Mandel², quien manifestó en esa ocasión que siempre y en todas partes, el crecimiento económico está conducido por las nuevas tecnologías y sus aplicaciones y que los períodos en los que hay muchas innova-

ciones son períodos de fuerte crecimiento, con nuevos empleos y nuevas industrias.

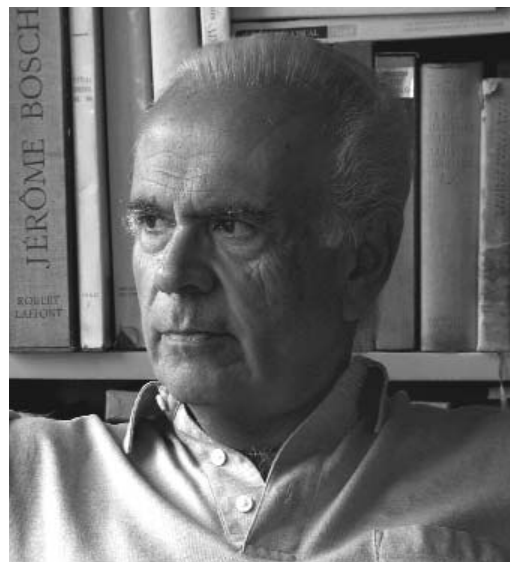
Históricamente, la mitad del aumento de la productividad se ha debido al uso de nuevas tecnologías. El crecimiento tiene poco que ver con el déficit fiscal, con los impuestos, o con la mayoría de los temas de los que hablan los candidatos durante los períodos preelectorales. Si se quiere un fuerte crecimiento, hay que tener nuevas tecnologías... y usarlas. Cuál será el campo en el que, en un futuro cercano, la tecnología crezca con mayor impulso. Si bien podría pensarse que las grandes novedades se relacionarán con el mayor y mejor uso de software en las empresas, esto no es así. Aunque ese tema está lejos de agotarse, carece ya de fuerza suficiente. En cuanto al área de las telecomunicaciones, las aplicaciones inalámbricas y todas las tecnologías asociadas prometen considerables aportes. Mandel les otorga un veinte por ciento.

Sin embargo todo parece indicar que la próxima ola de fuerte crecimiento tecnológico estará asociada a la biotecnología. Recordemos que el primer microprocesador nació en 1971 y que, durante los '80, las empresas invertían mucho en tecnologías de la información pero no apreciaban el retorno de esas inversiones que sólo vieron llegar a mediados de los '90, es decir 25 años después de que apareciera la herramienta.

Las biotecnologías surgieron alrededor de una década después que las tecnologías de la información: la primera droga de origen biotecnológico es de 1982. Se puede suponer entonces que a fines de 2010 las biotecnologías empezarán a

reducir los costos de los tratamientos médicos, en lugar de aumentarlos. En ese caso tendremos un enorme efecto -comparable con el que provocó el surgimiento de Internet- que la atención de la salud representa una porción de la economía mucho más grande que la que alguna vez detentaron las tecnologías de la información.

Se estima que el impacto de las biotecnologías podría igualar al de los microprocesadores, mientras que



los avances en medicina aumentarán la longevidad de los que más tienen o de buena parte de los habitantes de los países ricos.

La otra gran posibilidad se vislumbra en el campo de las energías. Mandel opina que es razonable apostarle un cuarenta por ciento a las energías y otro cuarenta por ciento a las biotecnologías, pero concluye recordando que "las tecnologías son impredecibles. En realidad, la única -y la mayor- sorpresa de los últimos veinticinco años es lo mucho que ha durado la Ley de Moore³. Ninguna

otra cosa referida a las tecnologías ha durado tanto tiempo".

Si el precio del petróleo sigue siendo alto, algunas nuevas tecnologías del campo de la energía acelerarán su aparición en el mercado ya que serán económicamente convenientes.

Cuáles? Por ejemplo, el uso del hidrógeno como combustible, nuevos diseños de reactores atómicos, energía solar o nuevas terminales portuarias para la importación de gas.

Pero si hablamos de nuevas tecnologías, no podemos olvidar la nanotecnología -que, con su capacidad de crear nuevos materiales 'desde abajo', es decir, prácticamente, armando estructuras átomo a átomo- puede transformar muchos aspectos de la atención médica, de las manufacturas y de la informática.

Hasta hace poco en Asia, al hablar de estos temas sólo se pensaba en Japón. Hoy es imposible dejar de lado la creciente participación de India y China, que han comenzado a transformar el mapa de muchas especialidades. India es un actor importante en software, diseño de chips y de drogas. China en ingeniería mecánica y de computadoras que reconocen escritura y voz.

Tampoco se puede olvidar a Taiwán y Corea, que forman parte de los países que más patentes obtienen en los Estados Unidos: más de 5.000 y 4.000, respectivamente.

Desde otro ángulo se avizora un nuevo mapa de las ciencias, las tecnologías y las innovaciones: en el Silicon Valley cada vez más empresas trabajan en combinar sus conocimientos de tecnologías de la información con objetivos biotecnológicos y nanotecnológicos.

Por su parte, Europa, a pesar de in-

vertir menos que los Estados Unidos en Investigación y Desarrollo (I+D), mantiene su liderazgo en muchos temas como, por ejemplo, en la telefonía celular, una especialidad de notable movilidad y expansión. Podemos entonces afirmar que cada vez más empresas ven -y sienten- la importancia de la innovación y de estar atentas a su aparición. Por otra parte, la globalización, que tiene sus ventajas, ha facilitado notablemente el acceso a diversas fuentes de conocimientos, capacidades y habilidades. Por supuesto que para permitir que estas actitudes sean posibles, se deben dedicar más recursos a investigación, desarrollo, educación permanente y actualización en ciencias e ingenierías.

¿Quién innova? Las empresas... con la ayuda del Estado

En todos los países en los que la innovación es un factor importante de la economía, son las empresas quienes protagonizan la innovación. Pero el Estado no se desentiende del tema, sino que, por el contrario, las apoya. Sólo se puede apoyar concertando y articulando, es decir, construyendo un sistema: el sistema nacional de innovación.

Hoy, en nuestro país, se reconocen al menos tres escenarios de acción diferentes: el de las grandes empresas de capital nacional, el de las filiales de grupos extranjeros y el de las pymes, cada uno con características y exigencias distintas. Qué ha pasado en cada uno de estos escenarios? Veamos.

- Nos hemos quedado prácticamente sin grandes empresas argentinas.
- Las empresas extranjeras han cedi-

do mucho más en otros países que en la Argentina.

- Las pymes innovadoras necesitan ayuda para su consolidación.

No resulta difícil entender que la falta de grandes empresas argentinas complica la estructuración de un sistema nacional de innovación. Las empresas extranjeras deciden sus políticas en los países donde se ubican sus casas matrices y es allí donde realizan el grueso de su investigación, desarrollo e innovación. La facturación de la filial argentina suele ser el uno por ciento de la facturación mundial de una multinacional y eso pone límites a cualquier negociación.

Hoy la realidad obliga a elegir prioridades que deben ser acordadas con los protagonistas empresarios de cada sector, empezando por las actividades en las que las empresas argentinas mantienen posiciones importantes. Hay que sentarse con ellas -juntas o separadas, según el caso- para ver qué pueden hacer y qué puede hacer el Estado -representando el interés general- que favorezca la innovación.

Tradicionalmente -más allá de garantizar políticas macroeconómicas que apoyen la producción y reglas de juego claras- los Estados financian los laboratorios nacionales (sobre todo los que necesitan grandes equipos y los que brindan servicios útiles a muchos, como los de metrología) y se ocupan de la capacitación.

Un límite aún más severo en la concertación lo marca el hecho de que las empresas extranjeras se muestren en nuestro país más duras que en otros. Si observamos lo que ha sucedido en naciones en que las inversiones extranjeras no son auto-

máticas sino que deben ser aprobadas por el parlamento -como España- y en algunos países vecinos que tienen mejores antecedentes que el nuestro. Resulta claro que hay mucho por acordar en esta materia con las grandes empresas extranjeras que trabajan en la Argentina. En cuanto a las pymes innovadoras cabe señalar que el apoyo a la consolidación de estas empresas es prioridad en países como EE.UU. Allí los mayores proveedores del Estado (la patria contratista) junto con el Estado, ayudan y subsidian a pymes para que sean eficientes e innovadoras y que se conviertan, precisamente, en grandes proveedoras del Estado. En nuestro país, además de apoyarlas, hay que desandar el camino que llevó a la sustitución de proveedores locales por extranjeros en las terminales, como sucedió, por ejemplo, durante los noventa. Este es otro de los puntos a concertar con los más grandes.

Pero no es fácil seguir la ola

Los comentarios vertidos por especialistas en todos estos temas, reunidos en 2003 en Malmö, Suecia, permiten inferir que hoy ningún país considera que domina o controla el desafío de la innovación. Vale la pena reproducirlos y reflexionar sobre alguno de sus conceptos. Lynn Mytelka (Directora General de la Universidad de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Tecnología en Maastricht) trabaja sobre 'las tecnologías de la nueva ola' (que surgen en el nivel nano) y dice 'mirar hacia el sur'. A estas NWT (*new wave technologies*) hoy se las ve más en las biotecnologías y

hasta en las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) pero pronto serán decisivas en los materiales, la energía y el transporte. Necesitan muy fuerte base científica (desaparecen los 'garages' que dieron origen a tantas marcas exitosas en los albores de la informática) y es muy difícil conseguir los ingenieros que se necesitan.

Estas NWT van a cambiar cómo enfocamos muchos aspectos, ya que:

- el último cuarto del siglo XX ha sido la línea divisoria de aguas, ya que hoy el conocimiento ocupa otros lugares,
- en la conocida ecuación económica $P = f(L, K)$, puede decirse que K ya no representa sólo al capital, sino también al conocimiento (knowledge),
- se transforman muchas actividades: por ejemplo, la pesca, que antes era 'al bulto' y ahora maneja tecnologías de cultivo y de control del crecimiento, por satélites, etcétera. La textil y de indumentaria antes eran trabajo-intensiva, ahora son capital y conocimiento-intensivas en sus diseños, pronósticos, nuevos materiales, etcétera.

Esto explica muchas de las cosas que pasan en Italia, donde el conocimiento está incorporado en casi todo: diseño, gestión, materiales, destrezas, asociatividad, etcétera. El aprendizaje es cada día más importante en todos los aspectos; por ejemplo, ya no sirven las *aspirin policies* (*one fits all*) ya que se necesitan políticas muy específicas. Mirando al Sur, Mytelka agrega:

"^asi lo anterior es verdad, no importan tanto las infraestructuras sino el conocimiento. Por ejemplo, en frica se ha medido que el uso de Internet no es proporcional al

ingreso, sino al nivel educativo". Por eso "^asi el futuro es *knowledge based*, el Sur perderá si no sabe crear conocimiento propio y no aprende a usar bien el ajeno".

Wang Huijong, Vicepresidente del Comité Académico del Centro de Investigación sobre el Desarrollo del Consejo de Estado de China (y, según quienes lo conocen, "un peso pesado") opina que: "Lo que más importa es la política y la economía; sin embargo, éstas son necesarias pero no suficientes; lo decisivo es el diseño de políticas y el poder de las instituciones".

"En las *policies* son muy importantes las intervenciones apropiadas de la burocracia ilustrada del Gobierno, por ejemplo, para evitar pérdidas de empleos". Wang Huijong prefiere usar la expresión *megatrends* en lugar de *revolución*, "ya que en su nombre ha corrido demasiada sangre...". Estas *megatrends* son *science-based* y en ellas es muy importante la prospectiva.

Risaburo Nezu -hoy *Senior Executive Fellow* del Fujitsu Research Institute de Japón y ex Director de Ciencia, Tecnología e Industria de la OECD- dice: "Mucha gente opina que Japón ha hecho bien los deberes (por ejemplo, en educación) pero que no supo aprovechar los beneficios de las TICs. Sin embargo, entre las diez empresas que más patentes de TICs obtienen en los Estados Unidos siete son japonesas, mientras que la primera europea es Siemens (18). "Hay que repensar todos los sistemas nacionales de innovación. A pesar de las restricciones presupuestarias, Japón aumentará sus inversiones en I+D, pero debe corregir:

- La organización universitaria, para

que haya menos torres de marfil y más fuentes de creación de conocimientos. En 1998 Japón ha autorizado la participación de los investigadores en la venta de sus patentes. La Dieta ya aprobó que las universidades sean 'instituciones independientes', desde 2004, para darles más libertad de relación con los privados pero con evaluaciones mucho más duras donde también participará la gente de la calle. Alarma que *Hitachi* gaste sólo el 9 por ciento de su presupuesto de I+D en universidades japonesas mientras que el 91 restante va a universidades extranjeras.

■ La mala costumbre de las grandes empresas japonesas, que no venden ni compran tecnologías y usan sólo las que ellas desarrollan dificulta la posibilidad de que en Japón haya un verdadero mercado de oferta y demanda tecnológica. En biotecnologías, el 86 por ciento de las patentes empresarias han sido generadas por capitalistas de riesgo o el *National Institute of Health* de los EE. UU., mientras que en Japón es sólo el 16%, de donde es fácil deducir que casi todos los desarrollos son propios".

En Japón aumenta la cantidad de patentes obtenidas por empresas japonesas, si bien es sólo un décimo de las que obtiene Estados Unidos. Nezu considera que están veinte años atrasados con respecto a los EE.UU. En Japón también aumentan el capital de riesgo y los acuerdos de laboratorios universitarios con empresas. La política inmigratoria es una herramienta importante de las políticas tecnológicas. Un representante de VINNOVA (organismo innovador de Suecia)

opina que "los indicadores sólo dan razón del pasado. Para ver el futuro hay que medir los flujos de gente, como ellos lo han hecho para Suecia en un trabajo conjunto con la *National Science Foundation* de los EE. UU. Las Universidades deben hacer desarrollos tecnológicos genéricos (es decir, precompetitivos) pero carecen de capacidades comerciales. Es un problema de políticas internacionales: hay que discutir quién hace qué".

Un estudio de la consultora sueca NUTEC entre 14.000 empresas suecas indicó que:

- Hay empresas de rápido crecimiento en muchos sectores, en todas las regiones (no sólo en *high tech*).
- Les va mejor a las que tienen mejores relaciones con otras empresas, con otras instituciones, con extranjeros, etcétera (no sólo con Universidades).
- Tienen más éxito las empresas que tienen más gente educada y que invierten más en su educación y capacitación.
- Les va mejor a las empresas más jóvenes.
- La principal barrera es cultural: los suecos no son emprendedores.

La representante del *Copenhagen Institute of Future Studies* opina que en la sociedad del conocimiento lo más interesante es lo desconocido y lo más importante del conocimiento es ponerlo en acción. Por eso, no se le pueden exigir resultados comerciales a las universidades porque no piensan así ni han sido creadas para eso. Un funcionario finlandés cuenta que su país tiene, desde el año 2000, un programa para enseñarles innovación a líderes políticos, parla-

mentarios y empresarios. Tiene una duración de dos semanas (una en primavera y una en otoño) y participan anualmente entre veinte y treinta dirigentes.

Y la gente ¿qué opina?

A primera vista es difícil comprender como, en nuestro país, ningún grupo de poder se ocupa o preocupa por estos temas que, en el mundo industrializado, están reconocidos como factores decisivos de la generación de riqueza.

Más allá de las habituales letanías de científicos que se lamentan de que ni los empresarios ni los políticos les prestan atención, puede ser útil repasar algunos temas que se discuten en países donde empresarios y políticos conocen el valor de la innovación y de sus ingredientes necesarios, la ciencia y la tecnología. En los Estados Unidos un par de libros y un artículo han generado interesantes debates y reflexiones^{5,6,7} sobre las relaciones entre la ciencia y la democracia.

Los que en el siglo XVIII teorizaron sobre la democracia representativa reconocieron que una de las condiciones para su buen funcionamiento era la educación del electorado.

Pero, por supuesto, no podían imaginar qué significaría esa educación tres siglos más tarde.

Hoy es fácil comprobar que la penetración de la ciencia en la sociedad civil y política constituye un proble-

ma para el funcionamiento de un estado democrático. Suele suponerse que las conductas del Estado son reflejo de los deseos populares, ya sea porque la gente expresa su opinión a través de convocatorias directas o porque quienes han sido elegidos como sus representantes las interpretan correctamente. En verdad, sólo una reducida elite de expertos tiene los conocimientos y puede llegar a la comprensión del verdadero alcance y consecuencias de las decisiones en temas en los que las ciencias y las tecnologías son factores críticos. Cuáles son las características y las consecuencias que tiene el hecho de que la casi totalidad de los ciudadanos dependa de los conocimientos de una minúscula minoría que representa sólo un segmento de la sociedad, tanto por su formación como por sus intereses económicos directos?. Más de cuatro décadas vinculado a la informática me habilitan para emitir un juicio idóneo frente a ciertos aspectos controvertidos que presenta hoy el tema de la inversión en ciencia y tecnología. Pero por qué debería alguien ajeno a estos sectores y que cuenta sólo con lo indispensable para la subsistencia cotidiana aceptar que sus ingresos disminuyan para que el Estado disponga de mayor cantidad de fondos destinados a apoyar el desarrollo de la biotecnología?. Como las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico requieren cada vez mayores inversiones, las decisiones suelen ser cada día más difíciles. Nuestro país debe encarar inversiones sustanciales para que sus físicos adquieran mayores conocimientos sobre la estructura de

la materia o debe apostar a las investigaciones del genoma humano, o, aun, volcar ese dinero a investigar acerca de una cantidad indeterminada de enfermedades?. Quiénes deben decidir sobre estas cuestiones? Debe hacerlo el Congreso? Les corresponde a los mismos científicos? A cuáles de ellos? No es sencillo responder a estas preguntas. Ahora bien, supongamos que no hay que decidir sobre el tipo de conocimiento a adquirir sino que ya se dispone de ese conocimiento y hay que elegir de qué modo usarlo. Los legisladores, los jueces, las autoridades educativas y los líderes empresarios y sindicales están en condiciones de aplicar ese conocimiento, del que sólo tienen una noción imperfecta -cuando no distorsionada- para tomar sus decisiones? No cabe duda de que deberían consultar con los expertos, pero estos, a su vez, difícilmente, excepcionalmente, sabrán juzgar acerca de qué factores influyen en las decisiones empresarias y políticas. Es decir, poco o nada saben de los factores de poder. "Cuando la ciudad se reúne para designar doctores o armadores de barcos, en cada caso habrá de elegir a la persona con mayores conocimientos. Pero, para construir paredes o puertos o arsenales, nuestros únicos asesores son los constructores". La afirmación se le atribuye a Sócrates y resulta acertada aunque incompleta para nuestro caso. No nos dice qué hacer cuando los médicos no llegan a un acuerdo o cuando tenemos que decidir entre construir una pared o un arsenal. Sócrates tampoco señala el camino

a seguir en caso de que cada experto tenga sus propias prioridades y, más aún, que alguna de éstas se contraponga con los objetivos de las políticas democráticas.

¿PARA QUÉ SIRVEN LAS CIENCIAS Y LAS TECNOLOGÍAS?

Ante esta pregunta, mi respuesta inmediata es siempre "para cambiar el mundo". Pero cuando se pregunta para qué sirven las ciencias, se obtienen frecuentemente respuestas tan conocidas como parciales del estilo: "Para generar tecnologías que, cuando se saben aplicar, producen bienes y servicios que nos permiten competir"; "la pregunta es incorrecta, ya que conlleva la idea de que la ciencia tiene que tener utilidad inmediata"; "para crear conocimientos", "la ciencia es algo que se debe evaluar sólo por su calidad, no por su utilidad", "los que hacen ciencia son mejores docentes", entre otras. Pero no hay dudas de que los que hacen las guerras -tanto calientes como frías- saben para qué sirven las ciencias y las tecnologías. Recordemos lo que Armand Mattelart dijo con respecto a las comunicaciones: "Los manuales de guerra psicológica para uso de las fuerzas armadas dicen más sobre el tema que la mayoría de los textos en los que los futuros profesionales de la comunicación aprenden los rudimentos de su oficio". Y lo que hace más de una década expresaran Cohen & Noll: "Las políticas de investigación y desarrollo de muchos países del norte fueron dominadas por las preocupaciones de su defensa nacional, desde el comienzo de la Segunda Guerra

hasta el final de la década de los '80. Durante esos años, más de la mitad del presupuesto federal de investigación científica y desarrollo tecnológico de los Estados Unidos se dedicó a la defensa.

El fin de la Guerra Fría debilitó esta justificación, por lo que los funcionarios han buscado nuevos destinos para el dinero que administran: el objetivo que emerge con mayor frecuencia en sus programas es el de la competitividad.

Así se coincide en que el gobierno federal debe sostener la I+D que aumente la productividad industrial (norte)americana, ayudando a la industria en la competencia económica global

Ambas afirmaciones permiten una nueva respuesta: la ciencia sirve para las guerras y para la competencia que, a veces, es una forma apenas más civilizada de hacer la guerra. En definitiva, la ciencia -y las tecnologías intensivas en conocimientos- servirían para ganar: antes, la guerra; hoy, la competencia y, con ella, el dinero.

En los países en que las ciencias y las tecnologías están integradas a una trama productiva y cultural, siempre pueden distinguirse tres protagonistas: el Estado, las empresas y el sistema científico-tecnológico.

En muchos de nuestros países los científicos y los tecnólogos han enfrentado la indiferencia de los

otros dos actores, a los que habitualmente no se les ha ocurrido qué funciones específicas podrían atribuirles a los primeros. Y, como casi nunca esperaron nada -ni de los científicos ni de los tecnólogos- se preguntan porqué deben pagarlos. Los empresarios de los países en los que las inversiones privadas en ciencia y tecnología superan o igualan a las de sus Estados, no evidencian ni mayor fanatismo por la ciencia, ni mayor patriotismo, ni mayor ingenuidad o idiotez que los nuestros. Sólo se adaptan a las reglas de juego que se han instalado en cada uno de los países en los que sólo pueden competir aquellos que se esfuerzan por diferenciar sus productos y aumentar su variedad y calidad. Eso no se logra sin una inversión significativa en educación, investigación y desarrollo tecnológico.

Es difícil recordar cuánto hace que en Argentina no hay actos que demuestren que el Estado reconoce funciones precisas a la investigación científica. Mucho menos al desarrollo tecnológico que, como todo el mundo dice que ya sabe, es algo que le corresponde sólo a las empresas. Las empresas, por su parte, han hecho poquísimos gestos en esa dirección. Por qué? Porque han podido ganar dinero sin invertir ni en innovación, ni en diferenciación ni, por lo tanto, en tecnología y, mucho menos, en ciencia. Como la definición del perfil productivo y competitivo de un país es el resultado de una ecuación en la que casi siempre sólo intervienen el gobierno y las grandes empresas, la lógica es que sólo invirtieran en CyT en la medida en que el contexto las impulsara a innovar para competir.

Así y todo, algunas señales recientes despiertan optimismo: el Ministerio de Economía ha dado pasos importantes para fortalecer el sistema de metrología legal, es decir, las obligaciones que deben cumplir algunos productos, como la precisión de las balanzas y otros instrumentos de medida, la seguridad de los implementos eléctricos, etcétera. En paralelo se nota una reactivación de otras certificaciones voluntarias, a las que adhieren una creciente cantidad de empresas, tanto grandes como pymes. También, después de un largo proceso de discusión, se ha sancionado una ley de promoción de la producción de software. Se dice, además, que este importante paso sería seguido de otro, destinado a las biotecnologías.

Pero no es todo; la Secretaría de Industria, Comercio y Pequeñas y Medianas Empresas, por su parte, creó nueve Foros de Competitividad, que tienen importantes efectos 'educativos' para todos los participantes e interesados. En el Foro de Software y Servicios Informáticos -el primero que concluyó la formulación de una propuesta para un Plan Estratégico 2004 / 2014 y un Plan de Acción 2004 / 2007- participaron alrededor de 200 representantes de 17 organismos estatales, 10 cámaras o centrales empresarias y 15 universidades, públicas y privadas.

Al mismo tiempo siguen persistiendo algunos malos entendidos acerca de la utilidad de la ciencia: mientras se declara que es imprescindible, muy pocos actos por no decir ninguno confirma esta aseveración. La situación no es nueva. Los únicos dos Premios Nóbel en Ciencia, los

LOS DIÁLOGOS CIUDADANOS

Desde diciembre de 1999 hasta los primeros días de octubre de 2000 existió en la Argentina, en la Vicepresidencia de la Nación, una Secretaría de Modernización del Estado. Uno de sus objetivos fue acercar el conocimiento científico, sus actores y problemas a la gente, a toda la gente. Dentro de ese marco se creó el programa *Conocimiento y Sociedad*, que llevó adelante los Diálogos Ciudadanos (DC).

Durante los cuatro sábados de agosto de 2000, en Avellaneda, se desarrolló el primer DC, sobre 'la genética en debate'.

Con una metodología semejante, entre agosto y octubre de 2000 se concretó en Pergamino otro Diálogo Ciudadano sobre semillas y alimentos genéticamente transformados o 'transgénicos'. En paralelo se inició la organización de un tercero, sobre 'informática y democracia' a realizarse en Mar del Plata, con el apoyo de la Municipalidad y el Consejo Deliberante de General Pueyrredón y la Universidad Nacional de Mar del Plata.

¿En qué consiste un DC?

Es una metodología que se imaginó y probó en Dinamarca y que, más tarde, se reprodujo en otros países. Durante una semana -a través de medios locales y afiches en supermercados, escuelas, etcétera- se convoca a los ciudadanos mayores de 18 años de una localidad a inscribirse para formar parte de un 'jurado popular' que opinará sobre un tema científico y su influencia en la vida de los ciudadanos. Los interesados deben presentarse en un determinado local en donde se les entregan algunas páginas en las que se describe la forma de trabajo, el significado del tema en debate y un corto formulario de inscripción en el que se debe consignar la edad y ocupación. Después, entre todos los inscriptos, se seleccionan alrededor de 30 a 40 personas que, en la medida de lo posible, reproduzcan la composición de la población de esa localidad. Como se ve en la página 79, en el DC de Pergamino, hubo ciudadanos de las más variadas edades y ocupaciones.

En Pergamino el 'jurado' se reunió cuatro sábados, seis horas por sábado. Como explica el Informe,

"Durante los dos primeros sábados participaron cinco especialistas, de primer nivel, explicando en qué consisten las semillas transgénicas y qué son los alimentos genéticamente modificados. Se intercambiaron información y opiniones acerca de las consecuencias presentes y futuras de esos desarrollos (y de sus consecuencias, presentes y futuras). El tercer y cuarto sábado se discutió largamente, en grupos y en plenarios, acerca del contenido del Informe que hoy presentamos."

Acordada la redacción del Informe, éste se presentó a las autoridades municipales, en un acto público.

Los que tuvimos el honor y placer de trabajar en los DC opinamos que fue una experiencia extraordinaria, que superó las expectativas de todos. Tanto las de quienes soñaron con reproducir una actividad que muchos juzgaban que era 'sensacional... para Dinamarca' pero imposible en la Argentina, como las de los que se acercaron con mucho interés o los

que sólo tenían desconfianza.

Sin embargo, la prensa especializada nunca se ocupó de la hasta entonces inédita experiencia y el silencio al respecto fue total y permanente.

En medios académicos se saludó la iniciativa, pero nadie consideró oportuno continuarla o repetirla.

Argentina prácticamente no participa en ámbitos de debate, ni siquiera en los latinoamericanos. Por ejemplo, la revista española *Quark* dio cuenta de la realización de una reunión sobre divulgación científica y tecnológica en Colombia, en marzo de 2004, a la que concurrieron trece países latinoamericanos, pero no la Argentina. En otra reunión, poco después, Brasil presentó treinta trabajos, Bolivia uno y la Argentina ninguno.

No es grave que la divulgación siga siendo un coto de los divulgadores. Lo que importa comprender es que experiencias como la de los Diálogos Ciudadanos deben formar parte de una estrategia de democratización del saber y la información científica, que es una materia diferente y un factor imprescindible para la construcción de una democracia con menos defectos.

Distingamos la paja del trigo: a fines de los ochenta *Muy interesante* fue la revista de mayor tirada en la Argentina. Dado que, en distintas épocas, publicaciones mucho peores ocuparon ese lugar, nada tenemos que objetar al respecto de la situación alcanzada por aquella revista. Pero opinamos que *Muy interesante* no era una contribución suficiente a la democratización del conocimiento.

argentinos Houssay y Leloir -sin duda lo más notable de la ciencia latinoamericana- fueron el producto de esfuerzos autosostenidos y, en gran parte, fuera de los ámbitos públicos. Houssay asociaba el desarrollo científico con la vida universitaria y manifestaba su escepticismo sobre el futuro científico de la Argentina, ya que, para él, el mal argentino residía en la politización de la vida universitaria.

César Milstein, el tercer científico argentino que recibió un Nobel, se formó y trabajó en la Argentina hasta que fue dejado cesante en los '60; emigró a Inglaterra y fue en Cambridge en donde desarrolló las investigaciones premiadas. Por eso en las estadísticas oficiales -pero no

en las argentinas- su premio aparece como otorgado a un británico. Cuando se emitió por televisión la ceremonia en la que recibió la distinción, los canales argentinos borraron las palabras *Great Britain*, que aparecían debajo del nombre del científico.

Aunque a algunos de sus protagonistas les cueste explicar para qué sirve la ciencia -lo que demuestra que no tienen la costumbre de hacerlo- vale la pena intentar desarrollar otra de las posibles respuestas: la ciencia sirve para formar gente competente.

El conocimiento es un bien público y el sistema científico es quien produce la mayor parte de dichos conocimientos que, transcurrido un

tiempo, quedan socialmente disponibles. El sistema educativo, por su parte, tiene la función de distribuirlos equitativamente y de reproducirlos en beneficio de la sociedad. Es decir, por un lado, el sistema educativo debe producir los recursos humanos que requiere la sociedad, los profesionales y técnicos que necesita el sistema productivo de bienes y servicios, y por el otro debe reproducir su propio cuerpo de docentes y científicos.

En nuestros países el quehacer científico-tecnológico debe intervenir transversalmente en todos los sectores y actividades mencionadas. Por eso, en la elaboración de las políticas científicas y tecnológicas han de participar, junto con las organizacio-

nes y protagonistas del sector de CyT, diferentes actores sociales, como las empresas, los trabajadores, las Universidades y los productores. A mediados de los '90 la SECYT encaró un relevamiento de las 'áreas de vacancia' de la investigación científica y tecnológica, en el que participaron alrededor de 600 científicos de primer nivel. Puede disentirse con el objetivo de verificar el atraso argentino y dimensionar el esfuerzo que se debería hacer para alcanzar -dentro de diez o quince años y varios millones de dólares- el nivel en el que hoy se encuentran los países líderes.

Quienes, por supuesto, estarán mucho más lejos de nosotros de lo que hoy están.

De más está decir que, de acuerdo con la tradición científica de nuestro país, este estudio se encaró sólo desde la oferta.

A mediados de 1999, a la SECYT le interesó conocer la relación entre la oferta de conocimientos y la demanda de los sectores productivos. Las conclusiones de este trabajo pueden ser juzgadas como previsibles pero son una precisa pintura de la situación en esos momentos, que no ha cambiado hasta hoy. Vale la pena reproducir algunos párrafos de ese estudio.

"Las áreas de vacancia identificadas por la oferta se referirían a los temas necesarios para lograr una base de conocimientos semejantes a las de otros países. Sin embargo, no pareciera que se incluyan en ellas esfuerzos para promover desarrollos innovativos, con intención de producir un impacto relevante en el sistema productivo".

"Comparando la estructura de pro-

ducción argentina, a través del PBI y otros indicadores, se advierte que la producción de bienes y servicios y el empleo están concentrados en actividades de intensidad tecnológica baja o media"⁸.

Las diez actividades que más aportaban al PBI en 1999 eran: actividades inmobiliarias (con una participación del 14,43 %), comercio y reparaciones (14,32), administración pública y defensa (6,14), construcciones (5,66), transporte y correspondencia (5,08), agricultura, ganadería y caza (4,87), enseñanza (4,23), intermediación financiera (3,93), servicios comunitarios y personales (3,78) e industria de alimentos y bebidas (3,47). Del análisis de todos los sectores se deduce que el estudio de vacancias de la oferta consideró sólo las actividades que constituían el 29,20% del PBI. Es decir, no se ocuparon del 70/80 por ciento restante.

La Encuesta de Conducta Tecnológica de las empresas tecnológicas que el INDEC publicó en 1998 mostró "el modesto desempeño del sistema público de I+D como fuente de innovaciones, como proveedor de I+D, como asesor de la actividad productiva en el esfuerzo de inversiones realizados en esos años, etcétera. Es decir, se puede observar la desconexión entre la demanda de conocimientos y la oferta local".

Para concluir en que: "El análisis, la determinación y dimensionamiento de la demanda de conocimientos científicos y su relevancia para el sector productivo también puede ser considerado un área de vacancia".

Hoy el director de la Agencia

Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Lino Barañao, formula un lúcido diagnóstico: "Hay investigadores que pueden escribir un buen ensayo pero que no pueden mejorar una cadena productiva".

No obstante, sin olvidar el valor de la ciencia como actividad propia del hombre para comprenderse y comprender la naturaleza, entendemos que ciencias y tecnologías son medios -y no fines- que han de integrarse en todas las ramas del hacer humano. Sus alcances y características deben ser función de los objetivos que fije un país para alcanzar el aumento del bienestar general.

Tampoco debe olvidarse que, además, la ciencia puede generar una rentabilidad económica importante. En Gran Bretaña se ha calculado que las inversiones en ciencia académica -más allá del hecho de que sean públicas o privadas- tienen una tasa de retorno anual promedio de cerca del 30 por ciento, que se puede calificar, sin dudas, como muy alta. El gobierno canadiense, por su parte, difunde que la I+D es, en gran proporción, un bien público que se 'derrama' sobre otras empresas o industrias. No es exagerado pensar en tasas de retorno social que superen en un 50 al 100 por ciento las de retorno privado, por lo que los diseñadores de políticas deberían estar atentos a este factor.

ANTES DEL AMANECER

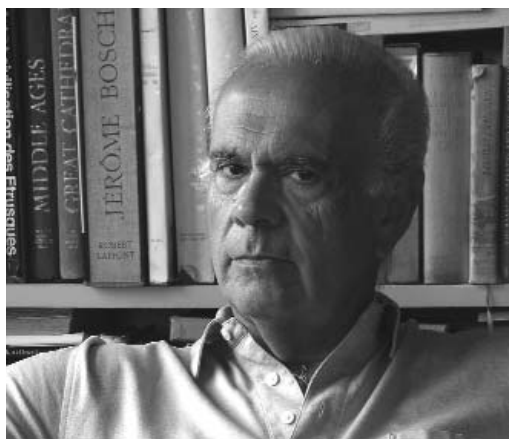
Los argentinos tenemos la mala costumbre de creer que la solución a situaciones complejas depende de una sola variable. Durante los últimos veinte años, escuchamos repetir que esa variable crítica se llamaba,

unas veces, democracia, otras inflación, déficit fiscal o deuda externa. La realidad se ocupó de mostrarnos que la cuestión es bastante más complicada y que, si bien se debe resolver cada uno de esos temas, ni

la felicidad ni siquiera la alimentación de nuestros compatriotas depende sólo de uno de ellos. Aunque estemos convencidos de la importancia de las investigaciones científicas y de los desarrollos tecnológicos, no debemos cometer el error de creer que lo resolverán todo, que el día que invirtamos en ese sector el mítico uno por ciento de nuestro producto bruto tocaremos el cielo con las manos. Más aún, todo indica que si mañana, súbitamente, alcanzáramos esa asignación de recursos nada cambiaría de manera sustancial en el corto plazo. Es cierto que las tecnologías pueden colaborar en el logro de mayor bienestar; también lo es que científicos, tecnólogos, empresarios y fun-

cionarios enfrentan cada día múltiples y complejas situaciones en las que deben decidir, optar, renunciar. La falta de acciones tendientes a la democratización del conocimiento y el vacío de ciertas declaraciones no deben desanimarnos. Hay que insistir. Hay que mirar con atención y simpatía y alentar a quienes en su laboratorio, taller, empresa o institución, hacen algo cada jornada para mejorar la situación. Si sumamos nuestros intentos a los suyos, confirmaremos que, si bien estamos lejos de ciertos modelos extranjeros, cada día somos más los que con paso lento pero firme caminamos hacia una Argentina mejor.

Amanece, que no es poco.



Notas y referencias

1. Ver, por ejemplo, la 'oferta tecnológica' del Instituto Nacional de Tecnología Industrial / INTI (www.inti.gov.ar) o algunas páginas del Instituto de Tecnología Agropecuaria / INTA (www.inta.gov.ar/extension/transferencia www.inta.gov.ar/activ/servicios, www.inta.gov.ar/activ/actividad, www.inta.gov.ar/invest/investigacion y www.inta.gov.ar/vincula/vinculacion)
2. *Innovation = Economic Growth*, May 28, 2004 www.businessweek.com
3. Hace más de dos décadas, Gordon E. Moore -uno de los fundadores de la empresa Intel-

predijo que la cantidad de transistores en un chip se duplicaría cada 24 meses. El primer microprocesador de Intel tuvo, en 1971, 2.250 transistores; los que hoy fabrican tienen 1.500 millones de transistores.
4. Se trata de una función de producción, que expresa que P (medido en unidades físicas de producto) depende de la combinación de dos factores: L (en unidades físicas de trabajo) y K (en unidades físicas de capital), que incluye todo lo que no es trabajo.
5. Lewontin, Richard - *The Politics of Science*, The New York Review of Books, Vol. XLIX, N°

8, del 9 de mayo de 2002. Richard Lewontin es Research Professor en la Universidad de Harvard y autor de *The Genetic Basis of Evolutionary Change* y *Biology as Ideology*.
6. Greenberg, Daniel S. - *Science, Money and Politics: Political Triumph and Ethical Erosion*, University of Chicago Press, 2002.
7. Kitcher, Philip - *Science, Truth and Democracy*, Oxford University Press, 2002.
8. Ruth Sautú, Carlos Lerch y Gerardo Gargiulo. *La Investigación Científica y Tecnológica en Argentina. Un análisis de las áreas de vacancia desde la demanda*. SECYT, Bs. As. 1999.