

Tratando de conectar las dos Culturas.

Tomado de Nuñez Jover, J. (1999) La Ciencia y la Tecnología como Procesos Sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. Ed. Felix Varela, La Habana

Introducción

En este documento se introduce el tema de las Dos Culturas, enunciado por C.P. Snow casi cinco décadas atrás. Como argumento a la tesis de que la Ciencia y la Tecnología son procesos sociales, se presentan las claves que permiten comprender los procesos que explican la institucionalización de la ciencia moderna y la evolución de sus sucesivas formas institucionales. Con el mismo fin se exploran las principales tendencias sociales del desarrollo científico y tecnológico contemporáneo.

Una tesis para discutir.

Voy a comenzar con una tesis que a primera vista puede parecer fuerte: los practicantes de las ciencias técnicas, naturales y médicas, por diversas razones, y aún sin saberlo, están tan necesitados de las ciencias sociales como de aquellas disciplinas científicas y técnicas que pueblan los planes de estudio de pre y posgrado en que se forman.

Esta afirmación, sin embargo, dista de ser obvia; tropieza con la percepción cotidiana, casi unánimemente compartida por estudiantes, profesores y especialistas, que acepta una “división del trabajo científico” que aísla no sólo las ciencias naturales y técnicas de las sociales, sino también las diferentes ciencias que constituyen esos campos, por ejemplo la Química de la Biología, la Ciencia Química de la Ingeniería Química y de otro lado, la Filosofía de la Sociología y ésta de la Psicología y así sucesivamente.

Esas separaciones están bien afirmadas en el orden institucional vigente: Se estudian en carreras y posgrados separados, a veces situados en centros universitarios diferentes.

La figura del especialista y las especializaciones científicas son un producto de la modernidad. Hace menos de 300 años a los cultivadores del saber se les llamaba Filósofos Naturales. En inglés la palabra “científico”, utilizada para designar una profesión, no apareció sino hacia la década del 30 del siglo XIX. Incluso el título de PhD que acreditaba la preparación académica para la investigación se traduce literalmente como doctor en filosofía, lo que alude a persona de elevada sabiduría. Sin embargo, lo cierto es que el desarrollo de las especialidades, proceso indudable de la evolución del conocimiento y la práctica científica, conduce con frecuencia a una ignorancia no desestimable en todo aquello en lo que no se es especialista, perfil que, por lo demás, es cada vez más estrecho. Surge así una paradoja: el desarrollo del conocimiento puede conducir a grandes zonas de ignorancia y el especialista puede ser un gran conocedor de casi nada y un ignorante de casi todo. Especialmente profundo es el abismo que separa las ciencias sociales y las humanidades de las ciencias naturales, técnicas y médicas. C.P. Snow (1977) en un trabajo ya clásico, *Las Dos Culturas*, denunciaba desde los años 50 la fractura introducida en la cultura contemporánea en dos

territorios distantes: ciencias a un lado y humanidades a otro. El resultado de esa escisión es el empobrecimiento que experimentan los campos situados en uno y otro lado de la brecha.

Veamos con más detenimiento su planteamiento. En Cambridge, mayo de 1959, C.P. Snow, científico de formación y escritor por vocación, pronunció una conferencia donde acuñó una noción sobre la cual volverían luego, una y otra vez, estudiosos de la cultura y la educación para identificar a través de ella lo que muchos consideran una grave deformación de la cultura contemporánea.

Con la expresión "Las dos culturas", Snow se refirió al proceso de cristalización de dos ambientes intelectuales crecientemente escindidos e incommunicados: de un lado lo que él llama "la cultura tradicional" donde incluye preferentemente a los "literatos" y de otro a los científicos, puros y aplicados, e ingenieros. Según Snow, los primeros muestran un escaso interés y un profundo desconocimiento de los avances científicos, o más exactamente, de la Revolución Científica e Industrial que tenía lugar desde fines del siglo XIX e inicios del siglo XX; los "científicos" por su parte, prestan escasa atención a la cultura humanista e incluso la miran con desdén.

Las raíces de esa escisión cultural Snow cree encontrarlas en el sistema educativo, responsable de la formación unilateral de los estudiantes.

Las consecuencias las sitúa, sobre todo, en la incapacidad de asumir una actitud inteligente ante las grandes transformaciones tecnocientíficas de nuestro siglo y la dificultad para estimar suficientemente sus impactos sociales.

Al hacer estas observaciones Snow pensaba sobre todo en Inglaterra. Le preocupaba que esas escisiones culturales debilitaran la visión estratégica del país, su capacidad de estar a la altura de otras naciones, sobre todo Estados Unidos y la Unión Soviética, y alertaba sobre la mejor adecuación de los sistemas educativos de esos países a la nueva realidad a la que se abría el siglo XX.

Snow hablaba desde el país que lideró la Revolución Científica y la Revolución Industrial en los siglos XVII y XVIII pero cuya capacidad educativa y cultural, según su opinión, se distanciaba de las exigencias del siglo en curso.

La otra obsesión de Snow eran los "países pobres". Para él, el acceso a la riqueza y al bienestar pasaba por incorporarse a los avances científicos e industriales. La "gran brecha abierta entre ricos y pobres" es a su juicio una de "las tres amenazas que se ciernen en nuestro horizonte", en tanto las otras dos son "la guerra nuclear y la superpoblación". Lo que ocurre es que la cultura occidental, dividida, no puede calibrar el alcance de esos desafíos ni actuar en consecuencia. Situado en la quinta década del siglo, Snow advierte sobre la necesidad de ayudar a los países pobres. Cree que éstos pueden aprender rápidamente el manejo de la ciencia y la tecnología; en sus palabras, "el arte de hacerse rico". Llama entonces a Estados Unidos y a la URSS a ofrecer lo que los países pobres necesitan: capital y hombres. Estos últimos "científicos e ingenieros competentes con la suficiente capacidad de adaptación para dedicar a la industrialización de un país extranjero lo menos diez años de su vida" (p.57).

Esta última observación conduce de nuevo al desafío de "Las dos culturas": "Estos hombres, que todavía no poseemos, tienen que ser formados no sólo en términos científicos, sino también en términos humanos" (p.58).

La conferencia de S.P. Snow fue leída hace 40 años, y se publicó en forma de folleto en rústica al día siguiente de ser pronunciada. Desde el inicio fue objeto de alguna atención editorial, aunque en los primeros meses se le hicieron pocas reseñas. Al cabo de un año, sin embargo, se había acumulado una verdadera inundación de artículos, referencias, cartas, críticas y elogios, procedentes de los más diversos países. Todas las expectativas de Snow habían sido desbordadas.

Desde entonces la expresión "Las dos culturas" y la denuncia de la escisión e incomunicación entre ellas ha sido una y otra vez discutida.

Frente a estas dicotomías identificadas por Snow me parece más apropiado una mirada que refuerce una visión integradora de la cultura. Sugiero que esto puede ser especialmente importante en las universidades.

Este razonamiento conduce a la idea de que hay que conectar ciencias y humanidades. Sin embargo, el éxito de esa empresa dependerá en gran medida del punto de partida del cual se parta para entender la ciencia y la tecnología. Si, por ejemplo, por ciencia entendemos un conocimiento probado, expresado en leyes inmutables y transmitido en un lenguaje esotérico e hiperespecializado, es difícil encontrar un camino fértil para la exploración humanística de la ciencia.

Mi punto de partida será otro. Según creo, la ciencia y la tecnología son, ante todo, procesos sociales. Estimo que comprender esto es muy importante para la educación de las personas en la llamada "sociedad del conocimiento", "sociedad tecnológica" o cualquier otra denominación, siempre simplificadora, que se prefiera.

Para argumentar ese tema me colocaré en una perspectiva histórica. La consideración de algunos casos particulares y las consecuentes generalizaciones pueden ilustrar mi punto de vista.

Ciencia, tecnología y sociedad: claves para su comprensión histórica.

En el corazón de la civilización contemporánea está la moderna tecnología y esa tecnología es ciencia intensiva. (Núñez, 1994). El desarrollo tecnológico está alterándolo todo, desde lo económico y lo político hasta lo psicosocial, la vida íntima de las personas, los patrones de consumo, la reproducción humana, la extensión de la vida y sus límites con la muerte. La tecnología lo invade todo en el mundo contemporáneo. Tal omnipresencia es un resultado histórico tras el cual se revelan varios procesos sociales relevantes que explican el estatuto social actual de la ciencia y la tecnología. Esos procesos sociales son:

1. La Revolución Científica de los siglos XVI y XVII que dio origen a la ciencia moderna y desencadenó procesos de institucionalización y profesionalización de la práctica científica, así como desarrollos conceptuales y metodológicos que tendrían notables efectos sobre la ciencia y su relación con la sociedad en los tres siglos siguientes.
2. Las revoluciones industriales y los profundos cambios tecnológicos que las acompañan. Cambios que conducen a una aproximación creciente con la ciencia hasta confundirse ambos en la segunda mitad del Siglo XX a través de la Revolución Científica y Tecnológica. El paradigma tecnológico que se desenvuelve en las tres últimas décadas ha sido especialmente intensivo en el consumo de conocimientos e impactante en términos de su alcance social.

3. El ascenso del capitalismo y su dominio planetario, afirmado luego de la crisis del socialismo europeo. La consolidación de la ciencia moderna y del capitalismo son dos procesos históricamente paralelos e interconectados como se mostrará más adelante. La mundialización del capitalismo es un proceso asociado no sólo a las fuerzas productivas y las relaciones de producción que le proporcionan su fundamento, sino a las pautas de consumo que él promueve y a los modelos de desarrollo que preconiza, a los cuales atribuye una universalidad que sus apologetas consideran imposible de contestar.
4. El surgimiento, afirmación y crisis del sistema mundial del socialismo. Tanto por sus esfuerzos y éxitos en el campo de la ciencia y la tecnología, como por las respuestas que sus avances demandaron del capitalismo en el contexto de la guerra fría, la existencia del socialismo ha sido un hecho social fundamental para explicar el desarrollo científico y tecnológico de este siglo.
5. La fractura planetaria entre países desarrollados y países subdesarrollados. La riqueza mundial está sumamente concentrada en un grupo de países lo que les proporciona un enorme poder en las relaciones internacionales. Ese poder se apoya en el dominio de la ciencia y tecnología, aún más concentradas que la riqueza. Esa polarización tiene consecuencias enormes para cualquier país que intente desarrollar ciencia y tecnología.

Los procesos mencionados nos remiten a los acontecimientos europeos que transcurren fundamentalmente entre los siglos XV y XIX. En ese plazo se desenvuelven en Europa tres grandes procesos revolucionarios crecientemente interconectados: La Revolución Burguesa, la Revolución Científica y la Revolución Industrial (Furtado, 1979). Comentemos algunas de sus consecuencias.

El ascenso de la burguesía significó la promoción de una clase urgida de acelerar el proceso de acumulación en las fuerzas productivas, generadora de la racionalidad instrumental orientada a la acumulación y necesitada de borrar la cultura y la ideología que cristalizó el medioevo.

Dos ejemplos pueden ilustrar este proceso. El primero es extraído de la explicación que sobre la obra de Galileo ofrece Pierre Thuillier (1989). Según éste, Galileo nació en un momento peculiar de la sociedad europea, donde se destacaba la presencia de muchos banqueros, ingenieros, empresarios; Europa se había vuelto realista, racionalista. A partir del siglo XIII, sobre todo XIV y XV, de agrícola pasó a urbana e ingresó en el capitalismo. En ese proceso surgió una clase que quería actuar sobre la naturaleza, confiaba en el hombre y veía el mundo de modo nuevo; se producía un cambio de modo de producción, de mentalidad y aparecían nuevos actores e intereses. Las personas dedicadas a tareas prácticas adquirieron un papel muy importante. Leonardo da Vinci, por ejemplo, era uno entre muchos artistas e ingenieros. A partir del siglo XVI junto a las universidades dedicadas a la enseñanza teórica abstracta aparecieron las "escuelas de cálculo" para comerciantes donde se medía el volumen del barril, alturas, etc. Había libros destinados a comerciantes. A partir del siglo XIV surgieron los banqueros. Los bancos en Italia tenían grandes saldos con países distantes lo que exigía un cómputo exacto. En la Edad Media los números significaban poco. En el Renacimiento surgen las estadísticas: se contaban los bueyes, cerdos y vacas que entraban cada día en Florencia. Es el mundo moderno, el mundo de las estadísticas; es también un mundo que revaloriza el trabajo práctico: fue el burgués, el empresario quien rehabilitó el trabajo frente al culto al ocio que caracterizó al hombre libre de Grecia y a las clases altas de la Edad Media. El empresario, por el contrario, trabajaba, calculaba. Galileo vivía en una región muy comercial, cerca de Venecia, con muchas industrias. Habitaba cerca del Arsenal, empresa donde

trabajaban mil o mil quinientos empresarios con gran cantidad de máquinas. Incluso en su obra *Diálogo Acerca de Dos Nuevas Culturas* elogia esa empresa.

La Nueva Ciencia nació en aquel contexto donde se expresaban nuevas demandas prácticas y culturales. Se necesitaban nuevos conocimientos para satisfacer necesidades económicas y también se requería una nueva visión del mundo, diferente de la religión. La creencia en los milagros se transformaba en creencia en la eficacia; surge una nueva racionalidad que cree en la eficacia y no en los milagros.

No es extraño que la Nueva Ciencia afirmara el papel de los experimentos y las matemáticas.

Galileo, concluye Thuillier, vivió en una sociedad que planteaba nuevas demandas y logró producir una ciencia eficaz, racional, de base experimental, matemática, mecanicista.

Otro ejemplo lo proporciona R.K. Merton en su tesis doctoral de 1938 *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Inglaterra del Siglo XVII (1984)*. En ella Merton va a considerar el cambio de atención y consideración social hacia la ciencia y la tecnología que tuvo lugar en Inglaterra durante el siglo XVII, período en que ese país se convirtió en escenario fundamental de la ciencia moderna, epicentro que en los siglos siguientes se desplazaría a Francia, Alemania y Estados Unidos.

Esa metamorfosis por el interés social lo explica Merton sobre la base de dos series de argumentos: las demandas económicas y militares del momento y la convergencia funcional entre el espíritu puritano y el quehacer científico, es decir, la convergencia entre valores científicos y las creencias protestantes.

Según Merton, fue el puritanismo y su tipo ideal el calvinismo el que proporcionó el marco cultural que hizo posible la ciencia moderna. En él se reflejaban creencias y valores coincidentes con la ciencia: vocación por el bienestar público, utilidad social, empirismo, existencia de leyes inmutables, entre otros. Para los puritanos la ciencia no destrona a Dios sino que brinda oportunidad para apreciar su obra.

Enmarcados en ese fondo cultural, se expresan los focos de interés específicos que explican los avances científicos. Inglaterra aspiraba a dominar en ciertos campos como la manufactura textil, la agricultura, la minería y la navegación. Por ejemplo, el interés por la navegación marítima se explica, desde luego, por la acumulación de conocimientos pero también por las urgencias económicas y militares de la época. No se puede olvidar que Inglaterra había vivido durante ese siglo 25 años en guerra y en ese plazo había ocurrido la mayor revolución de la historia inglesa.

Todo esto tuvo su expresión en la institucionalidad y apoyo social de la ciencia. La Royal Society de Inglaterra y la Academia de Ciencias de París muestran la aparición en la segunda mitad del siglo XVII de instituciones semejantes a las que existen hoy. Esos modelos luego fueron expandiéndose.

Las opiniones citadas son algunas entre muchas que no dudan en reconocer los nexos entre el desarrollo de la ciencia, la industrialización y la transformación en general de la vida social. Barnes (1995) realiza un buen balance sobre estos debates por lo que seguiré el hilo de sus razonamientos. La creación de instituciones financieras y comerciales, la urbanización, el despliegue de las fuerzas productivas no fue un proceso desconectado del surgimiento de ideas sobre la naturaleza, sobre el

propio hombre, y formulación de leyes que explican los procesos físicos: el desarrollo de la ciencia es parte integral de la aparición de la sociedad industrial moderna.

Esto no significa, sin embargo, que las conexiones entre todos los fenómenos envueltos en tales transformaciones sean evidentes y simples.

El siglo XVII conoció una notable transformación de la concepción de la naturaleza que abrió el camino al desarrollo industrial al menos porque promovió ideas, actitudes y prácticas que la facilitaron: "el individualismo, el concepto de un mercado libre para los productos, el esqueleto de un sistema bancario y crediticio, el reforzamiento legal de las transacciones financieras, etc." (Barnes, p.28).

De lo anterior se sigue que hay una relación histórica ineludible entre capitalismo y ciencia moderna. El capitalismo generó necesidades económicas y tecnológicas nuevas que impulsaron a la ciencia. También promovió nuevas ideas, imágenes y formas de pensar; las formas individualistas, impersonales y mecanicistas de pensar contribuyeron al despliegue de una visión científica del mundo. Por último el capitalismo favoreció otros cambios sociales importantes, por ejemplo, en sus inicios desapareció la barrera social entre eruditos y artesanos, así como la vieja distinción entre el conocimiento y su base empírica. La sociedad precapitalista alimentó prejuicios contra los que "trabajaban con las manos" y se basaban en el conocimiento teórico por parte de filósofos y eruditos pero las primeras sociedades capitalistas europeas generaron incentivos de tipo práctico y económico que favorecieron alianzas nuevas entre los conocimientos de unos y otros. Esa fusión entre teoría, matematización, empiria y técnica ha sido imprescindible para la ciencia.

El tema de la relación entre el capitalismo y la ciencia en sus orígenes, es de la mayor complejidad histórica pero existe un paralelismo indudable que no es casual: " No es difícil comprender por qué hay autores que quieren relacionar la revolución científica con el desarrollo inicial del capitalismo. Ambos procesos se produjeron de forma paralela. Es particularmente notable que ambos comenzaran en el sur de Europa, especialmente en Italia, y que en ambos casos, el centro de gravedad se desplazara lentamente hacia el norte, de modo que a finales del siglo XVII las formas más avanzadas de sociedad capitalista se hallaban situadas en la República de Holanda y en la ciudad de Londres, siendo igualmente en Inglaterra y en Holanda donde la ciencia se desarrollaba con mayor vigor". (Barnes, p.29).

En la evolución de la ciencia ha sido muy importante el proceso de industrialización. En el siglo XVIII una serie de inventos transformaron la manufactura de algodón en Inglaterra. Los esfuerzos humanos fueron sustituidos por máquinas y las fuentes de energía animal, por energía mecánica. Además de una constelación de factores políticos, ideológicos y económicos favorables, los estudios sobre la Revolución Industrial revelan la existencia en la Inglaterra de entonces de un nivel de capacidad técnica y un interés por máquinas y artefactos muy superior al de otros países de Europa. Landes (1979) refiere la impresionante energía con que en Lancashire se movilizó y promovió la capacidad técnica a través de la importación de artesanos y el fomento de la mano de obra especializada; convirtiendo carpinteros en constructores de molinos y torneros, herreros en fundidores, relojeros en modeladores y constructores mecánicos. En Manchester existía una abundancia de medios para la educación técnica: academias, sociedades ilustradas, conferenciantes locales e invitados, escuelas privadas de matemáticas y comercio y una circulación muy amplia de manuales, periódicos y enciclopedias prácticas (p. 79). También se aprecia en el período la

construcción de canales de comunicación entre los manufactureros y personas con una mayor formación científica, los que se mezclaron en su trabajo y en la vida social. Esto seguramente aportó alguna base científica a los productores más innovadores, aunque sobre todo en sus primeras etapas, la Revolución Industrial le debió poco a la ciencia y mucho más a la cultura técnica y a la capacidad de innovación de empresarios y obreros que ha sido mencionada.

Sobre estas bases fue naciendo el sistema industrial que acogió a grandes masas de obreros en las fábricas para realizar sus tareas bajo estricta supervisión. . La fábrica se convirtió así en el nuevo puente entre invención e innovación (Landes, p.139).

La Revolución Industrial colocó las bases de la moderna sociedad capitalista, nacida en Europa y expandida luego a todo el mundo. Sobre los rieles del capitalismo en expansión y sirviéndole de motores, se fueron difundiendo por el mundo la ciencia y la tecnología.

Un dato cultural esencial es que la clase media comerciante industrial estimaba más a las ciencias naturales que a la teología y otras expresiones de la cultura tradicional. Por ello la ciencia se presentaba como una expresión de cultura alternativa. Su papel más allá de proveer de habilidades específicas útiles consistió en ofrecer una base cultural e intelectual diferente a la que sirvió de sustento a las clases terratenientes desplazadas. Ello explica el interés por la educación científica y técnica, percibida como necesaria para fundar una sociedad diferente.

Ese papel cultural de la ciencia sigue siendo relevante hoy, aunque su contribución utilitaria sea seguramente el factor que mejor explique el apoyo social que se le dispensa.

Fases de la institucionalización de la ciencia.

La organización institucional de la ciencia ha atravesado tres grandes etapas (Woolgar, 1991): amateur, académica, profesional o industrial.

La fase amateur transcurre aproximadamente entre 1600 y 1800. La ciencia se desarrollaba en gran medida fuera de las universidades, alejada del gobierno y la industria. Participaban en ella personas solventes económicamente, es decir, miembros de la aristocracia y otros beneficiados por el mecenazgo. El principal rol social de esas personas no era hacer ciencia. En esa fase se desarrollaron los medios de comunicación y aparecieron las publicaciones. Esos "amateurs" se consideraban a sí mismos filósofos naturales y desconocían las especializaciones.

Entre 1800 y 1940 transcurrió la fase académica de la ciencia. Se trata de una actividad profesional que exige una mayor formación técnica y se asocia a una creciente especialización. El trabajo científico se desarrolla fundamentalmente en las universidades con un carácter esencialmente básico. La formación de nuevos miembros se convierte también en una tarea organizada. Se aceptan fondos públicos pero se defiende a ultranza la autonomía de la ciencia. Esta fase se acompaña de la consolidación de una imagen de la ciencia que frecuentemente encuentra su expresión en la filosofía de la ciencia de raíz positivista y la sociología funcionalista. Según esta imagen la tarea de la ciencia es la búsqueda desinteresada de la verdad; la ciencia tiene como tarea la producción del conocimiento certificado, es decir, objetivo, probado y para ello la investigación debe conducirse lo más alejada posible de la interferencia de otros valores e intereses que sean extrínsecos al valor y al interés cognoscitivo. En esta perspectiva el científico es un cultivador de la

verdad, ajeno a presiones e intereses no científicos. El primer título académico de ciencias fue otorgado por la Universidad de Londres en 1960.

Esta imagen, muy cultivada en los medios universitarios, de hecho se convierte en una suerte de ideología, es decir, en una percepción colectiva que representa los intereses grupales de los científicos académicos, utilizada sobre todo cuando esos intereses son cuestionados por agentes externos y se intenta orientar la actividad científica por rumbos que la comunidad académica no acepta. Entonces se levanta la bandera de la autonomía y la búsqueda desinteresada de la verdad se presenta como un valor supremo. Obtener dinero sin condicionamientos, investigar libremente y publicar los resultados parecieran ser los corolarios de esa ideología que llamaré científicista.

Esa imagen y esa ideología se irán cambiando a lo largo de más de un siglo y aún hoy subsiste. Su respaldo mayor ha estado en la creciente institucionalización de la ciencia, la aparición de las funciones de investigación y posgrado como actividades sustantivas de las universidades, la multiplicación de departamentos especializados en ellas y de laboratorios de investigación en las industrias. En todo esto jugaron un papel muy activo las universidades alemanas del siglo XIX, caracterizadas por la competencia, descentralización, especialización, dedicación a la investigación y el posgrado y el trabajo científico en equipos (Ben-David, J; A.Zloczower, 1980). Ese modelo se expandiría poco a poco a los demás países.

Para comprender las transformaciones sucesivas de la ciencia debemos revisar brevemente los antecedentes y cambios que se asocian con la II Revolución Industrial desenvuelta en Europa a partir de la segunda mitad del siglo XIX. La I Revolución Industrial se desarrolló en Europa continental con mayor lentitud que en Inglaterra. Como se dijo antes las ventajas inglesas se relacionan con la tradición de educación técnica de calidad bastante extendida en su población. La lentitud en la difusión de estos avances al resto del continente se explican en buena parte por la carencia de una formación semejante en los restantes países. Al percibir esto, países como Alemania y Francia reaccionaron ante este retraso estructurando una gama de escuelas técnicas que cubrieron desde los niveles básicos hasta los avanzados (Arocena, 1993). En este proceso jugó un papel primordial el Estado lo que permitió la construcción del sistema institucional que posibilitó la introducción y difusión de las nuevas tecnologías. Los éxitos alcanzados a través de este esfuerzo llevaron a Alemania al lugar de vanguardia en la carrera de la industrialización. La ciencia y la educación fueron fundamentales para el surgimiento de la II Revolución Industrial.

Entre 1850 y 1873 Europa vivió un período de notable crecimiento económico vinculado al auge de varias ramas productivas y la desarrollo del ferrocarril. A partir de 1873 el ritmo de crecimiento disminuyó y sólo pudo recuperarse en virtud de importantes avances en el área de la energía eléctrica y de los motores, la química orgánica y los productos sintéticos, la máquina de combustión interna, la manufactura de precisión y la producción de cadenas de montaje; al conjunto de esas innovaciones es lo que se suele llamar la II Revolución Industrial.

Un rasgo característico de la nueva tecnología fue la sustitución del hierro por el acero y la producción de éste mediante nuevos procesos. El acero barato, junto a la fabricación de precisión y la electricidad hicieron posible la aparición en el mercado de nuevos productos: máquinas de coser, relojes baratos, bicicletas, luz eléctrica y más adelante los electrodomésticos (Landes, p.265).

La nueva Revolución está asociada a una innovación institucional fundamental: la aparición de los laboratorios de Investigación - Desarrollo en la industria, que viene a significar la creación de auténticas fábricas de tecnología de base científica capaces de dejar atrás la producción artesanal.

La industria eléctrica fue uno de los escenarios donde surgió esta nueva forma de producción. Lo ejemplifica bien el trabajo de Edison y el laboratorio que instaló en Menlo Park (New Jersey) en 1880 donde reunió científicos destacados y una buena dotación de equipamiento. Con ello Edison llegó a obtener alrededor de 1100 patentes a lo largo de su vida. Como él mismo decía su mayor invento fue la creación del laboratorio comercial de investigaciones (Arocena, 1993).

En esta nueva ola de industrialización y en virtud de una estrategia deliberada Alemania desplazó a Inglaterra en áreas claves como la producción de acero, electricidad y también en la industria química. Esta última conoció un auge extraordinario en la segunda mitad del siglo XIX y muestra ejemplarmente el nuevo nexo entre ciencia e industria. La industrialización permitió crear materiales nuevos, sintéticos y más baratos, que sustituyeron los productos naturales, más costosos y escasos. Dando muestras de virtuosismo técnico y agresividad empresarial, Alemania logró convertirse en el centro de la industria química. Este auge se vinculó a la profesionalización de las actividades de I+D. "Precisamente fue la industria química alemana la que ya en los años 1870 había establecido el nuevo modelo de I+D intramuros, orientado a la introducción de nuevos productos y procesos. Bayer, Hoechst y la Badische Anilin (BASF) estuvieron entre las primeras empresas en organizar sus propios laboratorios de I+D... Por otra parte las tres grandes empresas mencionadas estaban dirigidas por químicos que consideraban como parte de su tarea el mantenerse vinculados con el progreso de la investigación universitaria" (ibid, p.31).

Como se ha visto, en las últimas décadas del siglo pasado la vanguardia de la industrialización se desplazó de Inglaterra a Alemania. Es importante notar que la educación jugó un papel central en la pérdida por una y la ganancia por la otra de la hegemonía industrial. Mientras que en Inglaterra hacia 1860 sólo alrededor de la mitad de los niños tenían acceso a alguna forma de instrucción y sólo en 1880 la enseñanza primaria se hizo obligatoria, en algunas regiones de Alemania esa instrucción era obligatoria desde el siglo XVII y entre 1860 - 70 el 97,5% de los niños en edad escolar de Prusia acudían a la escuela (ibid, p.36). Junto a esto la instrucción técnica en Inglaterra enfrentó muchos tropiezos; se tendía a pensar, según su propio pasado, que la instrucción científica y técnica sería ineficaz y la propia experiencia práctica de los hombres permitiría los avances esperados. En contraste Alemania desarrolló una educación científica y técnica eficaz con amplio respaldo estatal. En la medida en que la industria requirió una mayor base científica, la educación vino a marcar una importante diferencia.

El auge de esta nueva ola de industrialización se vinculó estrechamente a transformaciones en la organización del trabajo. "Para que los ritmos de producción pudieran ser uniformados y fijados por la dirección de la empresa, y para que esta no dependiera de la calificación del mencionado tipo de trabajadores, dos metas debían ser alcanzadas: en primer lugar era necesario descomponer el trabajo en un conjunto de operaciones simples, susceptibles de ser ejecutadas por máquinas manejadas por obreros sin mayor calificación; en segundo lugar, hacía falta normalizar la producción de modo que las piezas del mismo tipo resultaran intercambiables y el montaje pudiera convertirse en una rutina. Los avances en ambas direcciones convergieron en la cadena de montaje, que constituyó así no sólo una forma para abaratar la producción sino también, y quizás fundamentalmente, una innovación orientada al control del proceso de trabajo" (ibid,p.33). Los principales avances en la mecanización del trabajo fueron realizados en los Estados Unidos donde hacia 1880 Frederick Taylor elaboró los fundamentos de su "organización científica del trabajo" que permitió elevar considerablemente la productividad del trabajo y el control sobre la labor que los

obreros realizan, convertidos en verdaderos autómatas dentro de la cadena de montaje, en tanto las tareas de planeación y diseño, es decir, la concepción de las tareas, se realiza fuera de esa cadena.

La organización del trabajo fue un cambio fundamental dentro de los muchos que caracterizaron la II Revolución Industrial. Un cambio tan importante como este o quizá mayor fue la ya mencionada creación de los laboratorios de I+D destinados a la fabricación de tecnologías de base científica que vino a dar un fuerte respaldo a la innovación. Si la primera revolución reunió en la fábrica invención e innovación, la segunda creó una fuerza impulsora permanente de innovación.

En la primera década del siglo XX los laboratorios de la General Electric y American Telephone and Telegraph (ATT) dejaron de hacer trabajos de rutina y se convirtieron en laboratorios dedicados a tareas de investigación y desarrollo (Sánchez Ron, 1995). La General Electric (G.E.) se dedicó a hacer lámparas de wolframio y ATT a desarrollar nuevas lámparas de vacío. El resultado fue ejemplar: en 1914 la G.E. pasó a dominar el 71% del mercado (antes tenía el 25%). La ATT creció su plantilla de trabajadores en laboratorio de 23 a 106 entre 1913 y 1916; en igual período su presupuesto pasó de 71000 USD a 249000 USD.

Este “efecto demostración” condujo a que 20 años después 500 empresas norteamericanas tuvieran centros de investigación.

Después de la I Guerra Mundial se crearon en muchos países capitalistas las primeras organizaciones gubernamentales para la difusión, coordinación y desarrollo de la investigación científica (Núñez, 1994). En 1916 aparecen el National Research Council (NRC) en EUA y Canadá y el Department of Industrial and Scientific Research de Gran Bretaña. En 1923 se crea el Consiglio Nazionale de le Ricerche de Italia y así sucesivamente en otros países. Este dato es importante para comprender los inicios de lo que poco a poco se convertiría en uno de los motores primordiales del desarrollo científico y tecnológico del siglo XX: la intervención gubernamental.

Precisamente esa intervención se consolidará alrededor de la II Guerra Mundial y en lo adelante, durante toda la llamada Guerra Fría. El proyecto Manhattan orientado a la bomba atómica va a ejemplificar la nueva era que se abre ante la ciencia: megaproyectos orientados a fines prácticos, activa intervención gubernamental, trabajo multidisciplinario, gran complejidad organizacional, cuantiosos recursos, son rasgos que caracterizan la Big Science que desplaza a la Little Science (Sánchez Ron, 1995).

La necesidad de crear políticas científicas y tecnológicas conducidas por los gobiernos y preparar personas capaces de desarrollar la gestión en ciencia y tecnología a través de programas de posgrado, primero en las facultades de ingeniería y luego en las de ciencias sociales y ciencias, era evidente al término de la II Guerra Mundial. Ciencia y Tecnología habían jugado un papel decisivo en la guerra y lo harían aún más en el futuro.

El NRC de los EUA no jugó un gran papel hasta la II Guerra Mundial. En ese país, donde las universidades trataban de preservar su autonomía, el gobierno Federal comenzó a financiar sus investigaciones a escalas sin precedentes y hacia mediados de los sesenta la mayor parte de la investigación universitaria se hacía bajo control estatal, a menudo del Departamento de Defensa.

Según Ciapuscio (1994): “En Estados Unidos, Vannevar Bush, zar del establishment científico, desarrolló la perspectiva consiguiente, según cuatro elementos principales:

1. La ciencia y los científicos pueden ser motores principales para el desarrollo económico.
2. Proyectos de gran escala como habían sido los de la bomba nuclear y del caucho sintético eran los orientadores; podían reunir los objetivos de la nación y de las corporaciones.
3. Se requerían para ello nuevas estructuras institucionalizadas.
4. La selección de áreas de investigación debía ser dejada en manos de los científicos mismos" (p.12).

El interés gubernamental, empresarial y la investigación universitaria van a converger en los años 50 en el propósito de acelerar el desarrollo económico de los principales estados capitalistas.

En Rusia desde los primeros años del poder soviético y luego en la URSS el Estado consideró siempre el desarrollo científico y tecnológico como cuestión estratégica primordial. Los resultados de ese esfuerzo se harían más evidentes con el primer satélite lanzado al espacio en 1957. Según Leite Lopes (1975) la puesta en órbita del satélite produjo en medios gubernamentales de EUA un "síndrome del sputnik" y una verdadera alarma que condujo al presidente de esa nación a adjuntarse un asesor en ciencia y tecnología. El proyecto Apolo que llevó a tripulaciones norteamericanas a la luna en 1969 fue una respuesta a los avances soviéticos en el cosmos.

Lo cierto es que en los años 50 se comienza a consolidar en los países industrializados una interrelación ciencia – tecnología - producción, inédita hasta entonces. En ese proceso la ciencia ocupa un papel dinamizador fundamental, incorporándose activamente a la producción. A ese proceso la tradición marxista le denominará Revolución Científico Técnica (RCT). En ella la actividad de investigación – desarrollo (I+D) se incorpora a la producción y sus costos se integran al costo productivo. Se dice, por ejemplo, que en la aeronáutica el 60% de los gastos son de I+D. En el precio de venta al público de un computador el costo de producción es de apenas 25 % y el 75 % restante corresponde a I+D, estudios de mercado, software y beneficios.

Es obvio que tales procesos van a introducir cambios considerables en la actividad científica y su relación con la sociedad. Esto es lo que se quiere decir cuando se habla de Big Science: mayor tamaño, costo, confluencia de diversas disciplinas, estructuras organizativas muy complejas, pérdida de autonomía, acuerdos entre países para desarrollar proyectos (nucleares, por ejemplo). Incluso la actitud psicosocial del investigador cambia: ahora su trabajo tendrá un mayor sentido empresarial lo que afectará su actitud hacia sus colegas, la comunicación entre ellos, el sentido de propiedad hacia los resultados de su trabajo. El tema ético también aflorará a un primer plano ante la evidencia de que la ciencia no es solamente búsqueda desinteresada de la verdad. En realidad son muchos los intereses en juego. Por eso Jerome Ravetz (1971) dirá que la ciencia académica ha dado paso a la ciencia industrial, otro modo de expresar el mismo asunto. En efecto, los nuevos laboratorios se parecerán más a las fábricas que al Laboratorio de Lavoisier en París o de Maxwell en Cambridge.

Los intereses en juego y la certidumbre de que la ciencia cataliza el desarrollo ha conducido al financiamiento delirante de la ciencia. Según André Gorz son tres los motores de la RCT contemporánea: la carrera armamentista, la necesidad de reducir costos para incrementar beneficios y la renovación permanente de productos y servicios que impone la sociedad de consumo.

Es bueno aclarar que el tránsito a la Big Science no excluye a la Little Science, la ciencia industrial no acaba con la ciencia académica. Lo que sucede es que el fenómeno esencialmente nuevo en la

segunda mitad del siglo es la industrialización de la ciencia. Petrella (1989) entiende que ese proceso incluye los siguientes elementos:

- La industria se convierte en productor de ciencia.
- La industria orienta cada vez más la actividad de la universidad.
- La ciencia se convierte en un sector industrial.

A partir de los años setenta se desencadena la III Revolución Industrial (Fajnzylber, F., 1983). Es un proceso vinculado a la crisis económica capitalista de fines de los sesenta, caracterizada por el estancamiento económico y la inflación. Los pilares de esa revolución se habían forjado en los años 40 y 50. Es el caso de la computación, de la energía nuclear y de los descubrimientos básicos sobre el código genético que estarían entre los fundamentos de la III Revolución Industrial. Esos conocimientos y sus potencialidades productivas serían movilizados en el contexto de la crisis.

Hacia fines de los años sesenta los pivotes del desarrollo tecnológico, en especial las industrias de productos químicos y metalmecánica, habían perdido intensidad y decrecía la productividad. Se estimó que el patrón industrial estaba agotado y se inició la carrera por rescatar el dinamismo de la industria a través de la innovación tecnológica. El Estado jugó un gran papel en ese esfuerzo. Hacia 1973 los gastos de EUA en I+D duplicaban a los gastos del conjunto de los demás países capitalistas desarrollados. Con esta revolución se consolidó un nuevo paradigma tecnológico cuyo liderazgo corresponde al sector electrónico. Las áreas de ese paradigma son la biotecnología, los nuevos materiales, la nueva base energética y las ramas de la electrónica, computación y telecomunicaciones que generan un enorme avance en las tecnologías de la información.

Ese nuevo patrón se ha gestado fundamentalmente en cinco países: EUA, Francia, Alemania, Japón e Inglaterra quienes a inicios de los noventa controlaban el 85% de la producción del sector electrónico. Esa concentración de poderío científico y tecnológico tiene, desde luego, enormes consecuencias en el poder económico y militar. Por eso Tourine dice que no se debe hablar de globalización, sino de trilateralización, pues el trío EUA, Japón y Europa concentra el mayor poderío económico mundial. Es una globalización en extremo sesgada.

Entre las características del nuevo paradigma tecnológico están:

1. Creciente rol de las innovaciones tecnológicas.
2. Creciente demanda de información y nuevos conocimientos.
3. Gran demanda de investigaciones aplicadas.
4. Tendencia a la comercialización del nuevo conocimiento.
5. Auge de la transnacionalización de la economía mundial y participación creciente de los estados y las empresas transnacionales en la generación y difusión de las nuevas tecnologías.

Todos estos cambios tienen impactos extraordinarios.

El primero es de carácter productivo – económico. El sector informático, por ejemplo, es una industria de gran poder estructurante: determina formas de organización del trabajo, de gestión, de administración pública, de interrelaciones humanas. Los países, empresas y ciudadanos informatizados tienen enormes ventajas sobre los que se rezagan en ese campo. El control de las fuentes de información: bases de datos, agencias de noticias, etc., es esencial en la competencia económica y la lucha por el poder.

En consecuencia, la investigación y educación en ciencia y tecnología, la formación de personas altamente calificadas en esos campos y el robo de cerebros se convierten en acciones priorizadas para estados y empresas. En gran medida, el poderío económico y militar descansa en la ciencia y la tecnología.

Otra de sus consecuencias ha sido el desarrollo de un armamento militar cada vez más sofisticado. Como se dijo antes, una parte considerable de los gastos en ciencia y tecnología han provenido de presupuestos que los estados destinan a la defensa.

Los desarrollos tecnológicos han tenido efectos culturales extraordinarios. Pensemos en el efecto de los medios de comunicación sobre la conciencia de las personas y los valores culturales de países y grupos sociales. Hay una suerte de polución electrónica de las conciencias de consecuencias insospechadas.

También los efectos ambientales son extraordinarios. El daño al medio ambiente que genera la tecnología pone en peligro la supervivencia humana.

Cambios en las Políticas Científicas y Tecnológicas (PCT)

El recorrido a través de las diferentes formas de institucionalización de la ciencia y los cambios en los paradigmas tecnológicos muestra sus conexiones con diferentes etapas en la instrumentación de PCT.

En el período posterior a la Segunda Guerra Mundial las políticas científicas y tecnológicas de los países más avanzados del occidente, han experimentado cambios muy importantes (Arocena, 1995). Aproximadamente entre fines de los años 40 y comienzos de los 60 puede hablarse del desarrollo de Políticas para la Ciencia. Las experiencias de la II Guerra y la nueva realidad de la guerra fría condicionaron las políticas públicas en este terreno. Los modelos exitosos eran los grandes proyectos de los tiempos bélicos (Manhattan, el radar u otros semejantes). Se pensaba que la concentración de grandes recursos estatales en programas y laboratorios de gran envergadura proporcionarían éxitos comparables en otras esferas.

El informe ya referido de Vannevar Bush, asesor científico del presidente de los Estados Unidos, "La ciencia, frontera sin límites" (1945) "no sólo fundó la legitimidad de la intervención del poder federal en el sistema privado de las industrias y las universidades, sino que fue también el origen de las ideas formuladas sobre el proceso lineal de innovación, al afirmar que la ciencia es, por ella misma, el acelerador del progreso técnico y la instancia decisiva para el logro de los objetivos nacionales en todas las áreas de competencia gubernamental. La movilización de los científicos y de los laboratorios, que había rendido tantos frutos desde la Segunda Guerra Mundial, debía pues perpetuarse en tiempos de paz – hasta el punto de que en los Estados Unidos un tercio de los científicos e ingenieros trabajó en problemas y con contratos vinculados con la defensa. Siguiendo el ejemplo de los Estados Unidos, los más grandes países industrializados (excepto Alemania y Japón) establecieron las mismas prioridades: defensa, átomo, espacio, electrónica" (Salomón, 1996, p.93).

La química y sobre todo la física eran las ramas privilegiadas. La física nuclear y la energía nuclear recibían mayor atención que las tecnologías u objetos civiles. El poderío militar y el prestigio

nacional eran los que básicamente justificaban las grandes inversiones y se asumía que la I+D militar generaría directa e indirectamente productos y procesos útiles para las ramas civiles de la economía.

En un sentido más general puede considerarse que “la justificación social del gasto en Ciencia y la orientación del mismo se sustentaban en una visión calificada de unidireccional y optimista. Se asumía, en efecto, la validez del llamado modelo del “science push”, según el cual lo que hay que hacer fundamentalmente es gastar en la investigación básica realizada en las universidades y laboratorios gubernamentales, pues, de manera relativamente automática, los descubrimientos de la Ciencia se convierten en logros de la tecnología – que significativamente solía denominarse “ciencia aplicada” – y estos a su vez en beneficio para la economía. Además de lineal en el sentido que antecede, la concepción predominante era esencialmente optimista, pues sostenía que las consecuencias sociales del quehacer científico resultan en conjunto altamente positivas” (Arocena, 1995, p.93).

La idea era gastar en ciencia básica, dejando en manos de los científicos la decisión de en qué dirección investigar. Se le ha llamado también modelo de ósmosis (González et.al, 1996).

Una segunda etapa se abre desde mediados de los años sesenta y se va a prolongar durante los setentas. Marca su inicio el “fin de la ingenuidad” respecto al rendimiento del gasto en I+D. Desde entonces se habla menos de políticas científicas y cada vez más de políticas para el binomio ciencia y tecnología, reconociéndose la especificidad de la tecnología. Junto a esto se hará evidente la necesidad de controlar más el gasto de I+D y evaluar mejor sus resultados.

El modelo unidireccional que dominó antes cedió paso a una mayor atención del papel de la demanda (“demand pull”). Las áreas prioritarias además de las “ciencias duras” (sobre todo química y física), serán las ingenierías. La investigación aplicada y el I+D industrial son especialmente estimuladas.

En ese contexto se realizaron grandes esfuerzos gubernamentales y académicos para perfilar y controlar las políticas en ciencia y tecnología. El crecimiento económico, junto al aspecto militar se consideran los objetivos prioritarios. Ciencia y tecnología ocupan un lugar relevante en la agenda política.

En la década de los años ochenta y noventa se imponen las llamadas “políticas para la innovación. “La conjugación de una nueva e importante aceleración del cambio técnico con la agudización de la problemática económica, ocupacional y ambiental puede ser vista como la principal fuerza impulsora del siguiente viraje de las políticas científico – tecnológicas. Ciertos automatismos, que no pocos dieron por supuestos durante décadas, han mostrado hasta la evidencia sus frecuentes fallos: el avance científico y tecnológico no siempre tiene consecuencias beneficiosas, y ni siquiera garantiza de por sí la modernización de la producción; la introducción de nuevas tecnologías no implica necesariamente que la producción se incremente; el crecimiento económico ya no asegura la disminución del desempleo” (Arocena, 1995, p.95).

Todo esto conduce al propósito de desarrollar Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). La idea del SNI tiene varias implicaciones:

- El centro de atención se coloca en la tecnología y sus posibilidades de innovación en la esfera de la producción y los servicios.

La tecnología es la herramienta fundamental de la competitividad. Pero la idea de innovación tecnológica no se refiere sólo a la creación de productos y procesos, sino también a los aspectos organizativos y a la forma de relacionarse con el mercado. La práctica internacional ha demostrado que la más moderna tecnología de producto no basta para dominar el mercado. Un ejemplo es la pérdida relativa de competitividad de Estados Unidos frente a Japón.

La innovación tampoco se refiere exclusivamente a novedades en materia de productos y procesos, sino a innumerables cambios incrementales, permanentes, para mejorar productos y procesos ya existentes.

También hay que ver de manera amplia los escenarios de innovación tecnológica. No se refieren sólo a la industria: extracción minera, agricultura, pesca, banca, transporte, turismo, servicios.

- La investigación en ciencia y tecnología, en un sentido restringido y más bien básico, es sólo una de las fuentes de innovación.
- En consecuencia, el SNI es una red de instituciones, sujetos, procesos, que contribuyen al proceso de innovación: empresas, ministerios, educación, centros de investigación, universidades. Freeman lo define así aproximadamente: red de instituciones, públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y defienden nuevas tecnologías (Cassiolato, p.282).

Es dentro de esos SNI que deben actuar las universidades y articularse a las empresas, al sector productivo, a los servicios.

El Estado juega un papel muy importante en la construcción de esa red y ella requiere cambios en las actitudes institucionales y la creación de mecanismos de conexión, por ejemplo, universidad – industria.

¿Vivimos en la sociedad del conocimiento?

La integración de ciencia y tecnología con la sociedad ha llevado a afirmar que estamos en la "sociedad del conocimiento". Voy a mencionar los argumentos que suelen citarse a favor de esta idea (Lamo de Espinosa, 1994) y a colocar algunas precisiones.

1. Crece aceleradamente el ritmo de producción de conocimientos. Se asume que el 90% de los científicos que han existido están vivos, cálculo que realizara Price (1973) y según él mismo el número de PhD se duplica cada 15 años. Desde 1750 las revistas científicas se han venido multiplicando por un factor de 10 cada 50 años y doblando cada 15 años. También se multiplican exponencialmente patentes, especialidades, obsolescencia de conocimientos y formaciones.

En Japón y Estados Unidos la más importante industria es la del conocimiento, la de I+D. El soporte principal de las economías están dejando de ser factores como materia y energía para ser información y conocimientos.

2. Se reduce el tiempo necesario para transformar el conocimiento básico en ciencia aplicada y ésta en tecnología. El ejemplo clásico es que el teléfono demoró 56 años (1820 a 1876) y el transistor sólo 5 (1948 a 1953).
3. Las sociedades capitalistas avanzadas son meritocráticas: es el conocimiento quien define la movilidad social de las personas y el poder de las naciones.

Los argumentos anteriores son habituales en la fundamentación de la tesis de la "sociedad del conocimiento". En esas visiones parecía que estamos de regreso al viejo mito ilustrado, a un iluminismo de fines del siglo XX. Propongo que aceptemos la idea de "sociedad del conocimiento" en un sentido específico: ella capta la relevancia que tiene hoy la ciencia y la tecnología, la información, la calificación permanente de las personas en el mundo del trabajo. Así vista es una tesis movilizadora del esfuerzo por la superación: en medio de una avalancha tal de información, nuestros conocimientos se hacen obsoletos muy rápidamente y la educación tiene que ser ininterrumpida.

En esos límites la idea es correcta. Pero los argumentos que más arriba se convocaron a su favor mistifican un tanto el asunto, al menos por las siguientes razones:

1. Información no equivale a conocimiento. La información necesita estructuras conceptuales que la soporten y le den sentido. Aunque parezca extraño la información también genera ignorancia y desconcierto en ausencia de marcos teóricos, conceptuales y axiológicos que le den sentido (Morín, 1984). Estamos cansados de ver personas con mucha información y que no saben qué hacer con ella.
2. Durante mucho tiempo las teorías sociológicas de la educación apostaron a ésta como un elemento que garantiza la movilidad social. Así, por ejemplo, en las sociedades capitalistas se suponía que el acceso a la universidad igualaba las oportunidades de negros y blancos, mujeres y hombres, etc. A partir de fines de los años 60 la falacia de esta idea se hizo evidente. Los circuitos de educación son muy diferenciados en cuanto a calidad y en cuanto a reconocimiento por parte de los dueños del capital. Como se sabe, para la mayoría el acceso a universidades de élite es imposible porque exigen pagos muy altos. En correspondencia con esto los títulos obtenidos tienen valores diferenciados con respecto al objetivo del acceso al trabajo. La constatación de esto llevó a la sociología de la educación a la convicción de que la educación es un mecanismo reproductor y amplificador de las desigualdades. Es obvio que los hijos de familias pobres no tienen por lo general iguales posibilidades que los hijos de familias ricas. En otros términos, la participación en la "sociedad del conocimiento", es muy diferenciada. No es el talento y la dedicación lo único que vale.
3. Algo semejante sucede con las naciones. Como se dijo antes, el 85% del esfuerzo mundial en ciencia y tecnología corresponde a 10 países, aquellos que en virtud de lo descrito antes tomaron la punta en los procesos de industrialización, para lo cual se sirvieron de la explotación del resto de los países del mundo, los que fueron colonizados, neocolonizados y explotados. En otras palabras la "sociedad del conocimiento" se refiere a un mundo muy

desigual donde el analfabetismo es aún la regla en muchos países y la capacidad científica y tecnológica de los ricos es un instrumento de saqueo que aplican metódicamente contra los pobres.

Respecto a este último punto vale la pena considerar la argumentación de Chomsky y Dieterich (La Sociedad Global, 1997). Según estos autores el factor más importante al considerar el papel que jugarán los conocimientos y la educación en el siglo XXI son los "imperativos de la realización del capital a nivel mundial" (p.125). En la economía global del siglo XXI la calificación científica y profesional de la fuerza de trabajo debe constituir el arma competitiva fundamental, desplazando las ventajas comparativas tradicionales como riquezas naturales u otras. Esta tendencia "aumenta, in abstracto, la importancia de los sistemas educativos formales a nivel mundial" (p.126).

Sin embargo otras tendencias ejercen un efecto opuesto al anterior. Así por ejemplo el capitalismo actual se caracteriza por la proliferación acelerada y generalizada del desempleo y subempleo que oscila entre el 7 y el 25% en el Primer Mundo y el 30 y 75% de la población económicamente activa en América Latina. Desde el punto de vista del capital esa población precaria es una población superflua, cuya educación no genera beneficios sino sólo costos.

Sumemos a esto que los trabajos no calificados se desplazan cada vez más hacia la Periferia, en particular hacia América Latina. Se trata de actividades que no requieren una alta calificación y pagan bajos salarios; este es el caso, por ejemplo, de las maquiladoras.

Estos autores consideran que alrededor del 50% de la población económicamente activa del tercer mundo quedará en situaciones como las descritas antes.

En otras palabras el empleo y la educación son variables dependientes de la lógica de la realización del capital. La función de América Latina dentro de la división internacional del trabajo que se viene diseñando no consiste en proveer innovaciones científicas y tecnológicas sino suministrar mano de obra barata y materias primas.

Si esto es así no es de esperar grandes demandas educativas para América Latina y en consecuencia formular para ella un horizonte de "sociedad del conocimiento" no pasa de ser una predicción abstracta carente de fundamentos económicos y sociales reales.

Concluyo presentando los cálculos que estos autores realizan respecto a la pirámide ocupacional – educativa de América Latina en la Sociedad Global de acuerdo con los imperativos de la lógica de la realización del capital. Según estos autores, los que tendrán empleos precarios, desempleados y lumpen proletarios alcanzarán del 45 al 75% de la población y para ellos será suficiente una enseñanza primaria incompleta. La masa industrial representará del 20 al 30% y esa masa de población requerirá una educación primaria y secundaria. Del 10 al 15% de la población ocupará posiciones en la conducción de empresas y trabajarán para el Estado (ingenieros, contadores, economistas, abogados, etc.); esa fracción de la población se formará en universidades privadas o públicas. Finalmente una élite quedará encargada de las tareas de la conducción de la economía y del Estado (directores, ministros, etc.) y para ellos se necesitará probablemente entre el 0,1 y el 0.3% de la población económicamente activa. Su formación la adquirirán de modo creciente en instituciones privadas con frecuencia situadas en los países desarrollados.

El conocimiento es una fuente importante de poder, pero en un mundo desigual, profundamente escindido en cuanto a la riqueza, el conocimiento se convierte en una fuerza más en manos de los que detentan el poder económico y militar.

Los países desarrollados disponen de alrededor del 90% de los científicos e ingenieros dedicados a I+D y del 94 % de los gastos destinados a ese fin. El resto del mundo, los no desarrollados, que en el próximo 2020 albergarán el 75% de la población mundial (Comisión del Sur, 1991) no pueden disfrutar a plenitud de la "sociedad del conocimiento".

No intento restar importancia al conocimiento. Es decisivo que comprendamos su valor y significación actual y estratégica. Pero el conocimiento no es una variable independiente de la sociedad; el saber no navega por encima de las circunstancias sociales igualando oportunidades.

Lo que convierte al conocimiento en un recurso significativo es la sociedad que lo promueve y desarrolla. El conocimiento hará parte de las desigualdades y oportunidades propias de una sociedad cualquiera. Es la dinámica económica y social, junto a la actuación política, la que determinan el significado social del conocimiento.

Ignorar esa realidad oscurece nuestra comprensión de la ciencia, la tecnología y los conocimientos a ellos asociados.

D.J.S. Price (1973) quien estudió el comportamiento estadístico de varias variables asociadas a la ciencia y concluyó que la ley fundamental del desarrollo de la ciencia consistía en su crecimiento exponencial formuló una de las predicciones menos acertadas de que tengo noticias: "cuanto más tarde comienza un país su esfuerzo serio para hacer ciencia moderna, más aprisa puede crecer. Se puede suponer, por tanto, que en algún momento, dentro de pocas décadas, veremos un final bastante reñido de una carrera que dura ya varios siglos. Los países científicos más viejos llegarán necesariamente a su estado de maduración y las nuevas masas de población científica de China, India, Africa y otros lugares llegarán casi simultáneamente a la misma meta final" (pp.158 – 159).

¿Qué condujo al fallo de esta predicción?: su base conceptual. Ella parte de que la ciencia tiene su propia dinámica desvinculada de los contextos. Detrás de sus curvas algorítmicas, Price olvidó la sociedad. La ley fundamental de la ciencia, si existe, tiene que expresar su nexo con la sociedad.

Por eso debemos retomar nuestra tesis de partida: la ciencia y la tecnología son procesos sociales.

Imágenes de la ciencia y la tecnología y un par de conclusiones.

Para entender mejor esto, es conveniente apropiarnos de imágenes adecuadas de ciencia y tecnología.

Hay dos imágenes muy divulgadas del asunto. La ciencia se suele identificar con el conocimiento teórico probado, verdadero, casi siempre expresado en forma de leyes ($F=ma$) que se recoge en libros de texto y otras publicaciones.

La tecnología suele identificarse con equipos, aparatos que siempre que dispongamos de dinero podemos comprar. El asunto de la transferencia de la tecnología es un asunto financiero.

Estas imágenes niegan nuestra percepción de que la ciencia y la tecnología son procesos sociales. Pero están equivocadas.

Las teorías científicas son fundamentales para la ciencia pero sólo representan una parte de sus resultados. Sobre todo en la época en que domina el I+D industrial, las aplicaciones prácticas vía invención, innovación y difusión de las innovaciones son resultados muy importantes de la ciencia.

Esos resultados se alcanzan en virtud de una práctica social de la ciencia que incluye como momentos básicos la producción, difusión y aplicación de conocimientos: investigar, enseñar, difundir, generar innovaciones, elaborar sugerencias prácticas. Todo eso ocurre desde hace algo más de tres siglos en instituciones dedicadas profesionalmente a esos fines en las que se desenvuelve una cultura peculiar, la cultura científica, con sus propios valores, normas, jerarquías, criterios de legitimidad, entre otros aspectos. Es decir, identificar ciencia con conocimiento probado o con teorías científicas (como parece sugerir la enseñanza universitaria) es un enfoque muy estrecho que ignora que la ciencia es una actividad social dedicada a la producción, difusión y aplicación de conocimientos; actividad institucionalizada generadora de su propia cultura. Todos esos rasgos enunciados: producción, difusión, aplicación, institución, cultura, transparentan la naturaleza social de la ciencia. Todos los mencionados son procesos sociales que sólo se pueden explicar en relación con el contexto social que los condiciona.

Igual sucede con la tecnología. Tecnología es mucho más que una suma de aparatos cada vez más caros y sofisticados. La tecnología es una práctica social que según Pacey (1990) tiene tres dimensiones:

La dimensión técnica: conocimientos, capacidades, destrezas técnicas, instrumentos, herramientas y maquinarias, recursos humanos y materiales, materias primas, productos obtenidos, desechos y residuos.

La dimensión organizativa: política administrativa y gestión, aspectos de mercado, economía e industria; agentes sociales: empresarios, sindicatos, cuestiones relacionadas con la actividad profesional productiva, la distribución de productos, usuarios y consumidores, etc.

La dimensión ideológica – cultural: finalidades y objetivos, sistemas de valores y códigos éticos; creencia en el progreso, etc. (p.18)

Al margen de que se comparta o no la formulación de Pacey, ella tiene la virtud de ensanchar la idea habitual de tecnología y revelar la conflictividad social que rodea la práctica tecnológica; ella no sólo involucra equipos, sino conocimientos, destrezas, problemáticas organizacionales, valores e ideologías.

Bifani (1993) plantea el problema del siguiente modo “La tecnología responde a un sistema social particular y se caracteriza por una intencionalidad específica, tanto en su generación y aplicación como en relación con los objetivos del grupo social que la controlan...El desarrollo científico y tecnológico está regido por una clara intencionalidad social que resulta de la convergencia de intereses y objetivos de la sociedad en la cual se origina y desarrolla, las características de su medio ambiente y los problemas que dicha sociedad enfrenta en un momento histórico dado. La tecnología es, además, un medio para producir control económico y político sobre recursos humanos y espacios geográficos y, finalmente, un instrumento para acrecentar el poder

socioeconómico y político... La intencionalidad se manifiesta también en la utilización de la tecnología como un instrumento para implementar la voluntad de cambio o modificación de estructuras y procesos sociales, económicos y naturales". (p. 100).

Por eso comencé diciendo que la percepción social de la ciencia y la tecnología debe ser educada en los profesionales y estudiantes de ciencias e ingenierías con el mismo énfasis con que se aprenden y enseñan otros saberes y habilidades.

Los cambios tecnológicos son experimentos sociales que requieren proyección y control social. Sus actores requieren una mentalidad y una visión social que necesita ser educada.

Otro punto básico en esa educación debe ser la insistencia en la unidad entre ciencia y tecnología. La formación de científicos sin nociones tecnológicas y de ingenieros con deficiente visión científica contradice las tendencias contemporáneas. A lo largo de este siglo la interacción ciencia – tecnología se ha venido haciendo cada vez más fuerte y cada vez se debe más una a otra. De modo creciente las necesidades técnicas influyen en el desarrollo del conocimiento científico y a la inversa, la selección de teorías, los programas de investigación, condicionan formas de acción instrumental que envuelven tecnologías.

En consecuencia hablamos de un "complejo ciencia – tecnología" o de una "tecnociencia" (Echeverría, 1995).

Esa novedad sugiere la necesidad de reconsiderar algunas estrategias en la educación de científicos e ingenieros, en dos sentidos: subrayando el nexo ciencia – tecnología y fortaleciendo la formación social de los mismos.

Resumiendo se imponen dos conclusiones:

1. Los nexos ciencia – tecnología – sociedad han cambiado radicalmente en el curso de tres siglos y hoy adquieren una especial intensidad.
2. La educación de científicos e ingenieros debe tomar en cuenta esos procesos. Los enfoques sociales son hoy tan importantes para esos profesionales como el resto de las disciplinas que aceptamos como necesarias. La educación debería fundarse en la idea de que ciencia y tecnología son procesos sociales y no verdades y aparatos al alcance de todos.

Bibliografía

- Arocena, R. (1993): Ciencia, tecnología y sociedad. Cambio tecnológico y desarrollo. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.
- Arocena, R. (1995): La cuestión del desarrollo vista desde América Latina, EUDECI, Montevideo.
- Barnes, B. (1995): Sobre ciencia, RBA Editores, Barcelona.
- Ben-David, J; A. Zloczower (1980): "El desarrollo de la ciencia institucionalizada en Alemania", Barry Barnes (ed) Estudio sobre sociología de la ciencia, Alianza Universidad, Madrid.
- Bifani, P. (1993): "Cambio tecnológico y transferencia de tecnología", Martínez, E. (editor) Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología, UNESCO, Editorial Nueva Sociedad, Caracas.
- Cardoza, G; Villegas, R. (1996): "América Latina", en UNESCO, 1996.
- Cassiolato, J.E.(1994): "Innovación y cambio tecnológico", en Martínez, E (1994).
- Cerejido, M. (1996): "En América Latina ya podemos investigar, el próximo paso es tratar de hacer ciencia", Interciencia, marzo -abril, vol.21, N° 2, Caracas.
- Ciapuscio, Héctor P.(1994): El fuego de Prometeo. Tecnología y sociedad, EUDEBA, Buenos Aires.
- Chomsky, N; H.Dietrich (1997): La Sociedad Global, Casa Editora Abril, La Habana.
- Comisión del Sur (1991): Desafío para el sur, Fondo de Cultura Económica, México.
- Didriksson, A. (1997): Educación superior, transferencia de conocimientos y tecnologías en los procesos de integración, Documento de trabajo, UNESCO.
- Echeverría, J. (1995): Filosofía de la Ciencia, AKAL, Madrid.
- Fajnzylber, F. (1983): La industrialización trunca de América Latina, Nueva Imagen, México.
- Furtado, C. (1979): Creatividad y dependencia, Siglo Veintiuno Editores, México.
- Gokhberg, L. (1996): "Comunidad de Estados Independientes", en UNESCO.
- González, M., et.al. (1996): Ciencia, tecnología y sociedad, Tecnos, Madrid.
- Herman, R. (1996): "Europa Occidental", en UNESCO, 1996.
- Herrera, A., et.al. (1994): Las nuevas tecnologías y el futuro de América Latina, Siglo Veintiuno Editores, México.

- Hill, S.; Turpin, T.; Spence, H. (1996): "Asia Oriental y Suboriental", en UNESCO, 1996.
- Kuklinski, A.; Kacprzyński, B. (1996): "Europa Central", en UNESCO.
- Lamo de Espinosa, E., et.al. (1994): La sociología del conocimiento y la ciencia, Alianza Universidad Textos, Madrid.
- Landes, D.S. (1979): Progreso tecnológico y revolución industrial, Tecnos, Madrid.
- Leite Lopes, J. (1975): La ciencia y el dilema de América Latina: Dependencia o Liberación, Siglo Veintiuno Editores, México.
- Martínez, E (ed.) (1993): Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología, Nueva Sociedad, Caracas.
- Martínez, E. (ed.) (1994): Ciencia, tecnología y desarrollo, Nueva Sociedad, Caracas.
- Merton, R.K. (1984): Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Inglaterra del Siglo XVII, Alianza, Madrid.
- Morín, E. (1984): Ciencia con Consciencia, Anthropos, Barcelona.
- Nichols, R.; J.T. Ratchford (1996): "América del Norte", Informe Mundial sobre la ciencia, Santillana, Ediciones UNESCO, Madrid.
- Núñez, J. (1994): "Ciencia, Tecnología y Sociedad", Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología, GESOCYT, Editorial Félix Varela, La Habana.
- Pacey, A. (1990): La cultura de la tecnología, Fondo de Cultura Económica, México.
- Price, D.J.S. (1973): Hacia una ciencia de la ciencia, Ariel, Barcelona.
- Ravetz, J. (1971): Scientific knowledge and its social problems, Oxford University Press, Nueva York.
- Salomón, J.J. (1996): "La prospectiva de la ciencia y la tecnología", Redes, Buenos Aires.
- Sánchez Ron, M. (1995): La ciencia, su estructura y su futuro, Debate, Madrid.
- Snow, C.P. (1977): Las dos culturas y un segundo enfoque, Alianza, Madrid.
- Thuillier, P. (1989): "El contexto cultural de la ciencia" (entrevista con Paulo César Abrantes), Ciencia Hoy, abril - mayo, Buenos Aires.
- UNESCO (1996): Informe Mundial sobre la Ciencia, Santillana, Ediciones UNESCO, Madrid.
- Woolgar, S.(1991): Abriendo la caja negra, Anthropos, España.