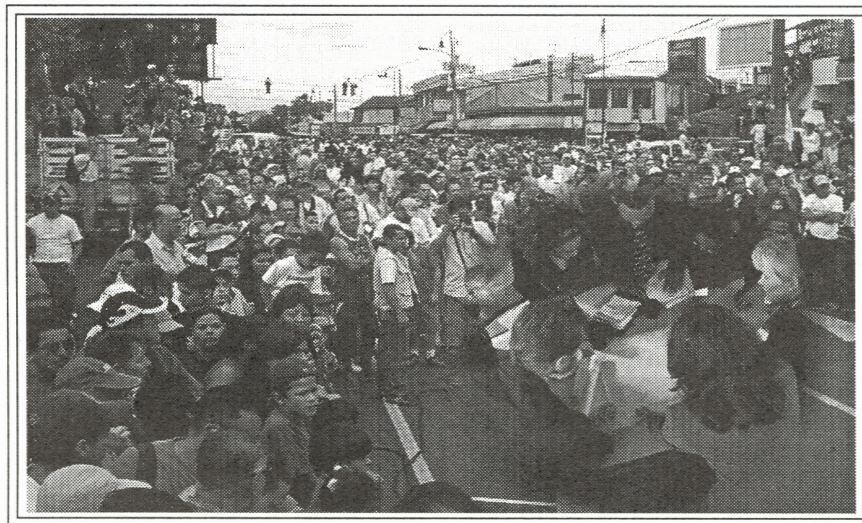


Consideraciones sobre los efectos de la ingeniería en la sociedad ¹



Carlos Osorio M.

Profesor Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Universidad del Valle
Cali, Colombia.

Miembro de la Red Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e
Innovación, de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educa-
ción, la Ciencia y la Cultura -OEI-.

carosori@mafalda.univalle.edu.co

Se plantea la relación entre ingeniería y sociedad desde diversas ópticas, teniendo como base académica los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad siendo estos un conjunto interdisciplinar que buscan analizar los principios sociales y culturales de la producción del conocimiento científico y tecnológico.

Existe una relación entre ingeniería y sociedad, los efectos de esta, en la sociedad parecen obvios a simple vista pero vale la pena ahondar en ellos, tratando de encontrar respuestas válidas en el mundo de hoy, teniendo en cuenta diferentes aspectos básicos en ambos sentidos, como por ejemplo tecnología, ambiente, política, ciencia, y otros que de una u otra forma están fuertemente ligados con dicho efecto.

Los efectos de la ingeniería en relación con la sociedad, se pueden observar, teniendo en cuenta diversas maneras de entender la tecnología. Aquí se parte de tres maneras de entender la tecnología, ellas son: la tecnología como artefactos, la tecnología como ciencia aplicada y por último la tecnología como sistema.

Otra forma en la cual se plantea esta relación, hace referencia a los sistemas tecnológicos, cuyos componentes interactúan en la solución de los problemas.

La ingeniería toma gran importancia en las decisiones de la sociedad, debido a factores como el cambio tecnológico. Las nuevas tecnologías están en la base de una economía global o informacional, determinada porque la productividad y la competitividad se basan en los nuevos conocimientos y en el hecho de tener la información apropiada, que se rigen bajo una demanda mundial que día tras día cambia.

Palabras clave: Educación en Ingeniería, ingeniería y sociedad, educación en CTS, tecnología y sociedad, sistemas tecnológicos.

¹ Una versión ampliada de este artículo fue presentada en la XXIX Convención Panamericana de Ingeniería, UPADI 2004, Ciudad de México, Septiembre 22 al 25 de 2004.

Este artículo hace parte de algunas reflexiones que han surgido durante el proyecto «La participación pública en los sistemas tecnológicos: lecciones y experiencias para la educación en tecnología con enfoque en CTS»; proyecto que ha sido apoyado por Colciencias.

1. Introducción

Lo que quiero comentar acerca de los efectos de la ingeniería en la sociedad, se inscribe en la tradición académica de los llamados Estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad, los cuales comprenden un conjunto de aproximaciones interdisciplinarias que buscan analizar, tanto los orígenes sociales y culturales de la producción del conocimiento científico y tecnológico, como sus consecuencias sociales y ambientales². La importancia de esta clase de estudios se puede resumir en el comentario de Rosalind Williams, directora del Programa de Ciencia, Tecnología y Sociedad del MIT (Massachusetts Institute of Technology): «...el conocimiento humanístico es ahora más importante que nunca... en ingeniería, como en otros estudios, se necesita entender otras lenguas, otras culturas, tener formación en Historia y Ciencias Sociales, porque los cambios tecnológicos que estamos viviendo no funcionarán si no hay un profundo conocimiento cultural detrás. Para que funcione la tecnología también se tiene que entender el contexto histórico y social.»

Partiendo de estas consideraciones, me surgen algunas inquietudes con relación al objetivo de la presente comunicación. ¿Es adecuado plantear el tema de los efectos de la ingeniería en una relación causal con la sociedad? A primeras luces nadie pondría en duda que la práctica de la ingeniería y el desarrollo tecnológico alcanzado con ella, efectivamente han producido grandes transformaciones en la sociedad. Sin embargo dicha interrogación podría verse como si la ingeniería hubiese actuado como un agente externo en el desarrollo tecnológico y que la sociedad poco hubiera aportado en ese proceso. Pues bien, no vamos a renunciar a plantear la relación entre ingeniería y sociedad en términos de sus efectos, pero tendremos la precaución de ver también el sentido interactivo por parte de la sociedad con relación a la ingeniería.

Avanzaremos en primer lugar, en una breve caracterización de la tecnología y de la ingeniería, para luego entrar a considerar algunos planteamientos en torno a los efectos de la ingeniería en la sociedad. Este segundo aspecto será planteado con base en el concepto de sistema tecnológico, señalando el papel de las nuevas tecnologías en una sociedad del conocimiento. Por último, terminaremos con unas consideraciones acerca de

la inviolabilidad del derecho de cada persona, para acceder a las decisiones y beneficios de los sistemas tecnológicos.

2. El sentido de la relación entre tecnología e ingeniería

Vamos a establecer una primera relación que permita orientarnos a lo largo de nuestra exposición, se trata de no separar la comprensión de los efectos de la ingeniería de la conceptualización misma acerca de la tecnología. Precisemos inicialmente qué entendemos por ingeniería.

La ingeniería puede ser entendida, siguiendo la formulación de Thomas Tredgold en el siglo XVIII, «como el arte de dirigir la mayor parte de las fuentes de energía de la naturaleza para el uso y la conveniencia del hombre» (tomado del borrador de Tredgold de la Institución Británica de Ingenieros Civiles, 1828; citado por Mitcham, 2001). Esta definición se repite con ligeras modificaciones, en obras de referencia habituales como la *Enciclopedia Británica* y la *Enciclopedia de Ciencia y Tecnología* de Mc Graw Hill. De acuerdo con la definición clásica y aún estándar que los ingenieros dan de su propia profesión, la ingeniería es la aplicación de los principios científicos para la óptima conversión de los recursos naturales en estructuras, máquinas, productos, sistemas y procesos para el beneficio de la humanidad.

Otras definiciones más amplias, aunque sin alejarse de la acepción tradicional, se refieren a la ingeniería como aquella actividad en que la conjunción de los conocimientos tecnológicos, de ciencias exactas y naturales, más la adecuada inclusión de los enfoques contextualizadores, obtenidos a través del estudio sistemático, la experiencia y la práctica concreta, se amalgaman y se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y materiales de la naturaleza y del mundo artificial, en beneficio de la humanidad. Desde esta perspectiva, la ingeniería no es considerada una ciencia, sino más bien una práctica que requiere tanto de la habilidad y de la creatividad de quien la ejerce, como del adecuado conocimiento del contexto en el cual desarrolla su actividad (Universidad de Comahue, 2002).

Tenemos entonces que la ingeniería trata de un campo de conocimiento profesional, entendido como una práctica orientada al hacer mismo de la tecnología en beneficio de la humanidad; a pesar

² Para una aproximación a los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad, véase: González et al. 1996.

que, en ocasiones, este principio benéfico haya sido cuestionado por diversos autores especialmente desde la década de los años 60.

Veamos ahora los efectos de la ingeniería con relación a la sociedad, teniendo en cuenta diversas maneras de entender la tecnología. Partamos de tres de estas maneras de entender la tecnología: la tecnología como artefactos, la tecnología como ciencia aplicada y por último la tecnología como sistema.

2.1. La tecnología como artefactos

Una de las definiciones más frecuentes sobre la tecnología se relaciona con su sentido artefactual. Desde esta perspectiva las tecnologías se entenderían como máquinas, herramientas y artefactos, así como procedimientos técnicos o medios auxiliares de los que se hace uso en la actividad productiva y de servicios. Automóviles, teléfonos, computadoras, etc., junto con tecnologías organizacionales serían ejemplos, entre otros muchos, de artefactos tecnológicos y procedimientos industriales vinculados a un determinado sector productivo (González, et. al, 1996).

¿Qué consecuencias podrían derivarse de esta interpretación artefactual de la tecnología, para la práctica de la ingeniería? En principio, sería considerar que la ingeniería solo tendría en cuenta el criterio de utilidad para la actividad tecnológica, con lo cual se descuidan muchos otros factores que intervienen en la elaboración de una tecnología.

Se sabe que otros factores adicionales intervienen en el hacer tecnológico, por ejemplo, los valores de goce existencial; algunos autores señalan que en el corazón de la ingeniería yace una alegría existencial por hacer obras bien hechas (Florman, 1976). Otros valores también participan en la actividad tecnológica, por ejemplo, los valores estéticos en las obras realizadas, bajo la creencia, entre otras cosas, de que si lucen bien están bien hechas (Stanley, 1970).

En todos estos casos, «...las metas económicas y los motivos utilitarios parecen completamente insignificantes, el imperativo tiene aquí su raíz en <valores virtuosos>, no económicos, e incluso en el impulso deportivo», (Pacey, 1983).

Y de otro lado, ¿qué consecuencias se derivan de esta imagen artefactual de la tecnología, para plan-

tear los efectos de la ingeniería con relación a la sociedad? En principio, sería considerar que los efectos de la ingeniería se reducen a la producción de tecnologías en donde todo comienza y termina en una máquina. Según el historiador de la tecnología Arnold Pacey (1983), esta concepción corresponde a la clásica definición de túnel de la ingeniería, en donde se ignoran los efectos sociales, los aspectos administrativos y los valores en juego en el uso de dicha máquina.

2.2. La tecnología como ciencia aplicada

La otra definición más frecuente de la tecnología hace referencia a su vinculación con la ciencia, en este caso se considera que la tecnología es ciencia aplicada. Esta acepción tiene un marcado tono cientificista y cuenta con dos debilidades. Por un lado, descuida el elemento material al que con frecuencia se hace referencia al hablar de la tecnología; y de otro, la clave del desarrollo tecnológico estaría dado por la actividad científica. Sería pues el concurso de la ciencia el que haría posible mejorar nuestras condiciones materiales de vida, en una ecuación que podría representarse de la siguiente forma: a más ciencia tenemos más tecnología y por consiguiente más riqueza y más bienestar.

Desde esta perspectiva, la tecnología, en tanto cadena transmisora del conocimiento científico, conllevaría a la mejora social siempre y cuando la ciencia tuviera un carácter autónomo en su desarrollo. Dicho principio de autonomía científico-tecnológica haría dependiente todo cambio social. Tesis, que podemos calificar como determinista, es decir, creer que las fuerzas técnicas determinan los cambios sociales y culturales (Hughes, 1994)³.

El determinismo científico-tecnológico deja por fuera los colectivos sociales como agentes importantes de los sistemas tecnológicos, quedando los científicos e ingenieros como los responsables de toda decisión respecto del desarrollo tecnológico con relación a la sociedad.

A pesar de que esta conceptualización de la tecnología como ciencia aplicada es muy extendida, también ha sido cuestionada desde los años

³ Algunos autores hablan de determinismo duro y blando. El determinismo suave o blando, más que concebir la tecnología como agente causal en sí misma, reconoce su importancia pero la ubica respondiendo de forma discriminada a las presiones sociales, económicas, políticas y culturales. Mientras que la visión dura concibe el desarrollo tecnológico como una fuerza autónoma, absolutamente independiente de las restricciones sociales.

ochenta a partir de análisis historiográficos de la tecnología. Tales análisis señalan que en numerosos casos la tecnología modifica los conceptos científicos, cuando no, utiliza los propios de la ingeniería. Muestran también que la tecnología puede realizar aportaciones conceptuales a problemas de los que la ciencia no se ocupa; de igual forma muestran que el conocimiento tecnológico guarda cierta especificidad respecto de la ciencia (Staudenmaier, 1985). Este último aspecto también ha sido tratado por Mario Bunge (1969), al considerar que el conocimiento tecnológico comprende una especificidad distinta a la ciencia, al involucrar: habilidades técnicas, máximas técnicas, leyes descriptivas, reglas y teorías tecnológicas. En otras palabras, no se niega que la tecnología guarde una relación con la ciencia, lo que se busca es más bien un consenso para entender una relación más amplia entre ciencia y tecnología, de tal forma que permita verlas como dos subculturas simétricamente interdependientes. La ingeniería, por su parte, utilizaría ambos tipos de conocimientos.

A estas consideraciones podríamos agregarle otra, relacionada con el problema del método. Hay diversos autores que consideran que la imagen tradicional de método científico, no sería aplicable como método de trabajo de la ingeniería. Para algunos autores, el método de la ingeniería se basaría en el diseño tecnológico. Para otros, como Vaughn (1985), el método de la ingeniería consistiría en la estrategia para causar, con los recursos disponibles, el mejor cambio posible en una situación incierta o pobremente estudiada. La estrategia sería una heurística, compuesta a su vez de heurismos. Un heurismo es cualquier cosa que provea una ayuda o dirección confiable en la solución de un problema, se usa para guiar, descubrir y divulgar. En vez de buscar la respuesta a un problema, como lo hace el científico, para lo cual formula hipótesis que busca luego contrastar, el ingeniero busca una heurística, con heurismos que incluso se pueden contradecir, los cuales se construyen bajo la noción pragmática del tiempo-trabajo y en todos los casos teniendo en cuenta los contextos de aplicación.

Ahora bien, ¿qué consecuencias se desprenden de la idea de tecnología como ciencia aplicada, acerca de la relación con la sociedad? Al igual que la concepción artefactual de la tecnología, se puede llegar a considerar que la tecnología es autónoma e inevitable y por lo tanto es el determinismo tecnológico el que explica dicha relación. Una postura contraria al determinismo tecnológico

es la que se conoce como determinismo histórico, que destaca como las leyes del capital y las determinaciones sociales de clase condicionan el proceso innovador. En lugar de sistemas autorregulados, como sucede en el determinismo tecnológico, el determinismo histórico-social caracteriza el modo de producción y con ello explica la naturaleza del cambio tecnológico contemporáneo.

Pero nuestro interés no es adoptar alguno de estos enfoques. Hay otros enfoques que involucran una relación tecnología-ingeniería y sociedad, distintos al determinismo tecnológico y al determinismo social⁴. Sólo vamos a mencionar el que se relaciona con entender la tecnología como un sistema tecnológico. Es allí donde se inscribe el papel de la ingeniería en la sociedad, en la construcción de los sistemas tecnológicos que producen grandes transformaciones sociales. Veamos entonces qué entendemos por la tecnología como sistema, para volver a plantear la relación acerca de los efectos de la ingeniería con la sociedad.

2.3. La tecnología como sistema

En las definiciones anteriores había una constante que consiste en separar las cuestiones de la actividad tecnológica con las cuestiones valorativas. Para zanjar esta distancia vamos a considerar un modelo de la tecnología que permite reunir los aspectos materiales del hacer tecnológico, los conocimientos sistemáticos relacionados con la ciencia entre otros, las actividades de organización y gestión misma de esa tecnología y la esfera de los valores de la sociedad en donde esa tecnología hace parte. Una definición que re-

⁴ Tales enfoques hacen parte de los Estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad, por ejemplo, el llamado enfoque social-constructivista de la tecnología, el cual enfatiza en el papel de los actores sociales relevantes (no las relaciones de clase como sucedería en el determinismo histórico-social) de un determinado proceso de desarrollo tecnológico. En este enfoque, el conocimiento tecnológico es tratado de una manera simétrica, imparcial y los hechos son vistos a lo largo de sus transformaciones. Los artefactos tecnológicos son tratados como constructos sociales. La construcción social de la tecnología permite explicar la participación de las personas en los procesos de innovación, desde el juego de las interacciones. Considera que el proceso de innovación de un artefacto es multidireccional, en contraste con un modelo unidireccional, a partir de la alternación de variación y selección del artefacto. Y es allí donde interviene el papel de los grupos sociales relevantes que comparten el bloque de significados respecto de los problemas y expectativas relacionados con los diversos artefactos que compiten en el proceso de selección. Las situaciones socioculturales y políticas de los grupos relevantes involucran normas y valores, los cuales a su vez influyen el significado dado al artefacto (Pinch y Bijker, 1987). De las distintas interacciones de los grupos sociales respecto de los artefactos, se ve crecer y disminuir el grado de estabilización de éstos últimos. Estabilización que no solo se relaciona con la conciencia de los miembros del grupo social respecto del artefacto; también se trata de estabilización económica del artefacto en un determinado mercado, sobre la base de diversos diseños y no del «mejor» diseño, para llegar a una clausura del proceso. La clausura de la tecnología envuelve la estabilización del artefacto seleccionado y la desaparición o redefinición de los problemas del mismo frente a otros.

úne estas características la propone Arnold Pacey, cuando se refiere a la tecnología como una práctica tecnológica.

El concepto de práctica tecnológica «...viene a ser la aplicación del conocimiento científico u organizado a las tareas prácticas por medio de sistemas ordenados que incluyen a las personas, las organizaciones, los organismos vivos y las máquinas» (Pacey, 1983). Pacey propone el concepto de práctica tecnológica, por analogía con el de práctica médica, el cual deja ver con mayor nivel de implicación los aspectos organizativos y no solo la dimensión estrictamente técnica. En este sentido, la práctica tecnológica abarcaría tres dimensiones:

1. *El aspecto organizacional*, que relaciona las facetas de la administración y la política públicas, con las actividades de ingenieros, diseñadores, administradores, técnicos y trabajadores de la producción, usuarios y consumidores.

2. *El aspecto técnico*, que involucra las máquinas, técnicas y conocimientos, con la actividad esencial de hacer funcionar las cosas.

3. *El aspecto cultural o ideológico*, que se refiere a los valores, las ideas, y la actividad creadora. La práctica tecnológica encierra la integración de estos tres elementos en un sistema, tal como se observa en la Figura 1.

En el concepto de práctica tecnológica, la tecnología es concebida como un sistema o un socio-sistema. El sistema permite intercambios y comunicaciones permanentes de los diversos aspectos de la operación técnica (instrumentos, máquinas, métodos, instituciones, mercados, etc.), administrativa y cultural.

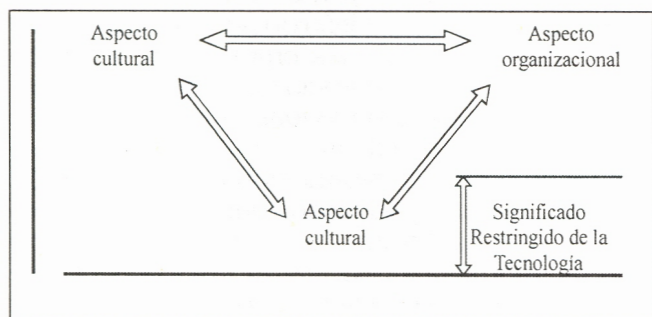


Figura 1. La Práctica Tecnológica, según Pacey (1983)

3. Los sistemas tecnológicos y la sociedad

Tenemos entonces que una forma de comprender la relación entre tecnología-ingeniería y sociedad, es partir de los sistemas tecnológicos. Al respecto tomaremos la propuesta de Thomas Hughes (1983) para explicar esta situación. Hughes estudió los sistemas eléctricos de potencia de finales del siglo XIX y comienzos del XX, mostró que los sistemas tecnológicos contienen complejos y desordenados componentes que interactúan en la solución de los problemas. Los componentes de los sistemas tecnológicos son artefactos físicos, organizaciones, componentes usualmente descritos como científicos, artefactos legislativos y los recursos naturales. Las personas, inventores, científicos, industriales, ingenieros, gerentes, financieros y trabajadores; son componentes del sistema, pero no deben ser considerados como artefactos del mismo ya que tienen grados de libertad que no contienen los artefactos.

Hughes explica la relación entre tecnología y sociedad a partir del concepto denominado *Momentum tecnológico*, es decir, la propensión de las tecnologías por desarrollar trayectorias previamente definidas en un determinado momento de su desarrollo. Dice Hughes que cuando el sistema es joven, el entorno configura el sistema. A medida que el sistema va siendo mayor y más complejo, va cobrando impulso o momentum y el sistema es cada vez menos configurado por su entorno y por el contrario el sistema se convierte en el elemento que más configura la sociedad. En otras palabras, el sistema configura la sociedad y es configurado por ella. El concepto de momentum o impulso tecnológico permite considerar que la configuración es más fácil antes de que el sistema haya adquirido componentes políticos, económicos y de valores.

En su estudio muestra como la EBASCO (Electric Bond and Share Company), sociedad de cartera americana de los años 20, especializada en el sector eléctrico; un sistema tecnológico maduro que involucraba compañías eléctricas, servicios de finanzas, gestión, inventores, ingenieros, así como instituciones de formación e investigación y consultoría, entre otros; y que contaba a su vez con un núcleo técnico (físico y lógico); Hughes muestra cómo en algunas ocasiones el núcleo técnico de EBASCO fue la causa del desarrollo de la sociedad y en otras fue el efecto. El sistema configuró la sociedad y fue configurado por ella.

A esto le denominó impulso tecnológico.

Hughes no sostiene que los sistemas se vuelvan autónomos, sino que más bien alcanzan momentum, es decir, su desarrollo continúa gobernado por la inercia de su propio movimiento. Antes que hablar de determinismo tecnológico, habría que centrarse más bien en todas las fuerzas en juego, e intereses invertidos en la estabilización de una trayectoria tecnológica dada. A ello se suma la diversidad de mecanismos de regulación que una sociedad construye para que sus objetivos sociales y económicos intervengan las trayectorias de los sistemas tecnológicos.

Los sistemas tecnológicos serían burocracias reforzadas por infraestructuras físicas o técnicas. Lo social y lo técnico se interrelacionan en los sistemas tecnológicos, en lo que se ha llamado un tejido sin costuras. Pero se trata de una interacción que no es simétrica a lo largo del tiempo, los sistemas tecnológicos evolucionan dependiendo del tiempo.

Hughes destaca que los ingenieros son en gran medida los constructores de los sistemas tecnológicos, ya que son capaces de coordinar actividades de innovación, resolver problemas organizativos, encontrar recursos de financiación o responder a los cuestionamientos políticos. El caso de Thomas Edison es paradigmático, más que un inventor, es el constructor del sistema eléctrico de potencia, en donde combina conocimientos, capacidad organizativa y resolución de problemas, consiguiendo reunir los intereses financieros, políticos y sociales necesarios para el desarrollo del sistema.

La idea del ingeniero como constructor de sistemas ha sido planteada de manera equivalente por autores como Michel Callon (1987), en términos de ingeniero-sociólogo. Un ingeniero-sociólogo logra enrolar o interesar a diferentes actores en un proceso de innovación, acercando igualmente los componentes físicos, organizativos y sociales que entrarían en juego en el sistema. También Carl Mitcham (2001), se ha referido a los ingenieros destacando que son los filósofos no reconocidos del mundo postmoderno. Lo distintivo de la base material de la postmodernidad es una materialidad ingenieril, comenta Mitcham.

La propuesta de Pacey como modelo de entender la tecnología como sistema y la de Hughes para articular el sistema con la sociedad, nos deja ver que el ingeniero y por consiguiente la ingeniería, no se circunscribe a una relación con la tecno-

logía en sentido restringido, sino que el ingeniero actúa en un campo social en muchas direcciones. Es a partir de los sistemas tecnológicos como unidad de análisis que entendemos los efectos de la ingeniería sobre la sociedad, en donde la tecnología configura la sociedad y la sociedad configura la tecnología.

¿Estamos ahora en condiciones de responder a la pregunta acerca de cuáles son los efectos de la ingeniería en la sociedad? Diremos que a partir de la construcción de los sistemas tecnológicos, se define el ámbito de las posibilidades del hacer tecnológico en la producción de bienes y servicios, y en general del grupo de ramas inductoras del crecimiento de la economía relacionadas con dichas tecnologías, la organización empresarial y los patrones de competencia y cooperación en las diversas sociedades.

4. Los efectos de la ingeniería en la sociedad del conocimiento

Con el advenimiento de las nuevas tecnologías, la sensación de mutación y cambio tecnológico se ha hecho más palpable y con ello la importancia de la ingeniería en las decisiones de la sociedad. Las nuevas tecnologías están en la base de una economía global o «economía informacional», caracterizada porque la productividad y la competitividad se basan de forma creciente en la generación de nuevos conocimientos y en el acceso a la información adecuada, bajo nuevas formas organizativas que atienden una demanda mundial cambiante y unos valores culturales versátiles.

En contraposición a la pluralidad de las sociedades del pasado, para algunos autores hoy se asiste a un único sistema de sociedad propiciado por la tecnociencia. La tecnociencia es un concepto que no hace grandes distinciones entre la ciencia y la tecnología, pues su espacio de contextualización está definido por la Investigación y el Desarrollo I+D de las empresas y agencias tecnocientíficas; a diferencia de la ciencia y la tecnología, que eran promovidas ante todo por comunidades de científicos e ingenieros. Las nuevas tecnologías de información y comunicación conforman un sistema tecnocientífico, entre otros, el cual está posibilitando el nuevo paradigma tecnoeconómico y con ello la emergencia y el desarrollo de una nueva modalidad de sociedad, la sociedad del conocimiento⁵.

Este nuevo sistema tecnocientífico que implica un

nuevo paradigma tecnocientífico, se caracteriza por una nueva forma de sobrenaturaleza que depende en gran medida de una serie de innovaciones tecnológicas⁵. Según el filósofo español Javier Echeverría (1999), se trata de una sociedad de tercer entorno, posibilitada por una serie de tecnologías, entre las cuales mencionaremos siete: el teléfono, la radio, la televisión, el dinero electrónico, las redes telemáticas, los multimedia y el hipertexto. La construcción y el funcionamiento de cada uno de esos artefactos presuponen numerosos conocimientos científicos y tecnológicos (electricidad, electrónica, informática, transistorización, digitalización, óptica, compresión, criptología, etc.), motivo por el cual conviene subrayar que la construcción de este tipo de sociedad, sólo ha comenzado a ser posible para los seres humanos tras numerosos avances científicos y técnicos. Esta sociedad es uno de los resultados de los sistemas tecnocientíficos y por ello ha emergido con más fuerza en aquellos países que han logrado un mayor avance tecnocientífico.

Estamos ante una transformación de mayor entidad basada en un nuevo espacio de interacción entre los seres humanos, en el que surgen nuevas formas sociales y se modifican muchas de las formas anteriores. Se está modificando profundamente la vida social, tanto en los ámbitos públicos como en los privados, el sistema tecnocientífico incide sobre la producción, el trabajo, el comercio, el dinero, la escritura, la identidad personal, la noción de territorio, memoria y también sobre la política, la ciencia, la información y las comunicaciones y la educación; los trabajos de Manuel Castells, entre otros, apuntan a aclarar este tipo de implicaciones.

Es esta sociedad, llámese «E3», «sociedad mundial», «aldea global», «tercera ola», «ciberespacio», «sociedad de la información», «frontera electrónica», «realidad virtual», etc., en donde la ingeniería y los ingenieros han tenido un papel como en ninguna otra sociedad del pasado. Han sido en gran parte los constructores del nuevo sistema tecnológico, en una multiplicidad de espacios de acción que van desde los niveles micro, nano, genético, molecular, atómico e incluso subatómico; pero tam-

bién social, cultural, económico, etc. Nadie ha vivido más profundamente en este mundo de artefactos vivientes que los ingenieros y es precisamente este mundo el que todos los demás estamos viviendo, pero este mundo no es igual para todos. Y es aquí donde quisiéramos introducir un comentario final.

5. A manera de cierre

Hemos visto como los sistemas tecnológicos y en particular con el ejemplo de las nuevas tecnologías son sistemas de tipo intersocial, es decir, sistemas que producen importantes cambios sociales, afectan a varias sociedades a la vez, en períodos diferentes de tiempo y a ritmos diferentes. Se construyen en procesos de economías transnacionales, sujetos igualmente a contextos políticos internacionales, en donde sabemos muy bien que algunos países se benefician más que otros, en la medida en que son productores y reguladores a la vez del acceso al conocimiento científico-tecnológico.

Pero en su acepción original, la ciencia, la tecnología y la ingeniería, y por extensión los sistemas tecnológicos, son bienes públicos. La definición que dábamos al comienzo acerca de la ingeniería, muestra el sentido profundamente humano de dichas prácticas. Un bien público es aquel que una vez producido, puede ser consumido por más de una persona al mismo tiempo. Sin embargo, que un bien como el conocimiento sea (o pueda ser) de libre acceso, no significa que beneficie o esté en condiciones de beneficiar a todo el mundo, es decir, que todos puedan acceder a él. El mantenimiento de bienes (realmente públicos) exige un esfuerzo considerable para asegurar que todo el mundo tenga un acceso potencial a esos bienes (López, 2000). En otras palabras, hay que hacer un esfuerzo para que todo el mundo y en particular los miembros más desfavorecidos de una sociedad tengan acceso a las tecnologías y se beneficien de ellas (según Rawls citado por López y Luján, 2002).

Se trata pues de considerar que cada miembro de la sociedad posee una inviolabilidad fundamentada en la justicia, que el bienestar de los más favorecidos no puede anular. Hay que reconocer que los individuos más desprotegidos deben acceder a los beneficios de los sistemas tecnológicos, en condiciones de igualdad de oportunidades. Y de otro lado, deben ser reconocidos ciertos derechos políticos y humanos que les permitan participar en las decisiones relacionadas con la orientación

⁵ Otros ejemplos de sistemas tecnocientíficos, son: la conquista del espacio, los polímeros, los nuevos materiales, la tecnomedicina, el proyecto genoma, el Internet, las nanotecnologías, la biotecnología, etc. (Echeverría, 2004).

⁶ Un paradigma tecnoeconómico es concebido como un tipo ideal de organización productiva, que define el contorno de combinaciones más eficientes y de menor costo durante un período dado y sirve, en consecuencia, como norma implícita orientadora de las decisiones de inversión y de innovación tecnológica. Con un nuevo paradigma nace una manera óptima tecnológica y organizativa de hacer las cosas (Freeman, y Pérez, 1988).

del desarrollo científico-tecnológico de la sociedad. Y es en este punto donde también la ingeniería puede jugar un papel fundamental, a diferentes niveles y en particular en los procesos de formación de sus ingenieros.

Si formamos ingenieros más sensibles y mejor preparados acerca de su papel en la sociedad, conscientes de que su actividad no se circunscribe a la esfera técnica, sino que transita de la técnica a lo social, frente a lo cual debe aprender a tomar decisiones que afectan a los colectivos humanos, así como al medio ambiente; muy seguramente podremos contribuir a que la tecnología sea realmente un bien público.

La educación puede contribuir a formar ingenieros en la búsqueda y desarrollo de sistemas tecnológicos más participativos, que incorporen los intereses y requerimientos de las personas incluyendo a las más desfavorecidas y a la naturaleza en un sentido responsable.

Bibliografía

1. Bunge, M. (1969), *La investigación científica, su estrategia y su filosofía*, Barcelona: Ediciones Ariel, 1972.
2. Callon, M. (1987), «El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis de sociológico», en: M. Doménech, y F. J. Tirado, *Sociología Simétrica*, Barcelona: Gedisa, 1998.
3. Echeverría, J. (1999), *Los señores del aire: telépolis y el tercer entorno*. Barcelona: Destino. (2004), «Teorías sobre la sociedad y el cambio técnico», en: OEI, Curso de Especialista en CTS-I.
4. Florman, S. (1976), *The existential pleasures of engineering*, New York: St. Martin's Press.
5. Freeman, C. y C. Pérez. (1988), «Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour», en: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (ed). *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers.
6. González García, M. I., López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (1996), *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Tecnos.
7. Hughes, T. P. (1983), *Networks of Power*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press. (1994), «Technological Momentum», en: M. Roe Smith y L. Marx, (eds.), *Historia y Determinismo Tecnológico*, Madrid: Alianza Editorial, S. A. 1.996.
8. López Cerezo, J. A. (2000), «Una reflexión ético-política sobre el fenómeno de la innovación», en: *Revista Asturiana de Economía*, 19, 2000, p.p. 87-97.
9. López Cerezo, J.A. y J. L. Luján. (2002), «Observaciones sobre los indicadores de impacto social», en: *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, Número 3, www.oei.es
10. Mitcham, C. (1.989), *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, Barcelona: Anthropos, 1.989. (2001), «La importancia de la filosofía para la ingeniería», en: J. A. López Cerezo, et al. (eds.), *Filosofía de la tecnología*, Madrid: OEI, 2.001.
11. Pacey, A. (1983), *La cultura de la tecnología*, México: F.C.E., 1990.
12. Pérez, C. «Desafíos sociales y Políticos del cambio de paradigma tecnológico», en: <http://www.carlotaperez.org/Articulos/1-desafiossocialesypoliticos.htm>
13. Pinch, T. y W. Bijker, (1.987), «The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How The Sociology of Science and The Sociology of Technology Might Benefit Each Other», en: W. E., Bijker, T.P. Hughes y T. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.): MIT Press.
14. Stanley, C. (1970), «Art, technology and science: notes on their historical interaction», en: *Technology and culture*, 11, p.p. 493-549.
15. Staudenmaier, J.M. (1985), *Technology storytellers: reweaving the human fabric*, Cambridge: MIT Press.
16. Universidad de Comahue. (2001), *Propuesta de reestructuración curricular*, Comahue: documento.
17. Vaughn, B. (1985), *El método de ingeniería*, Santiago de Cali: Universidad del Valle-Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI.
18. Williams, R. «El conocimiento humanístico debería ser ahora más importante que nunca», *El País.es* (en línea), 14 de Junio de 2004.
19. Winner, L. (2001), «Dos Visiones de la Civilización Tecnológica», en: J. A. López Cerezo y J. M. Sánchez Ron. (eds.), (2001), *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*, Madrid: OEI.